

รายการอ้างอิง

1. Lee, H.; and Neville, K. Handbook of epoxy resins. New York: McGraw-Hill, 1967.
2. อุบลทิพย์ ราวีทิพย์. อิพอกซีเรซินดัดแปรด้วยฟีนีลพลาสติกซอล. วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต, ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
2546.
3. สุวิภา ทันดร. สารบ่มอิพอกซีที่ได้จากการรีไซเคิลโฟมพอลิยูรีเทนชนิดแข็งด้วยกระบวนการ
ทางเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
4. อิทธิพล แจ่มชัด. พอลิเมอร์คอมโพสิต (Polymer composites). ภาควิชาเคมี คณะ
วิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2544.
5. อิทธิพล แจ่มชัด. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียาง (Science & technology of rubbers).
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง, 2545.
6. จริญญา เยาว์แสง. ความต้านทานน้ำมันและสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติอิพอกซีไดซ์.
วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
7. Davies, C.K.L.; and others. Strain crystallization in random copolymers produced by
epoxidation of cis 1,4- polyisoprene. Polymer 24 (1983): 107-113.
8. Roberts, A.D. Natural rubber science and technology. New York: Oxford University
Press, 1988.
9. จิราพรรณ ภาระบุญ. ผลของระบบวัลคาไนซ์และสารตัวเติมต่อสมบัติทางกายภาพของยาง
ธรรมชาติอิพอกซีไดซ์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะ
วิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

10. Folkes, M.J.; and Hope, P.S. Polymer blends and alloys. Cambridge: Great Britain at the University Press, 1993.
11. Pascault, J.P. Thermosetting polymer. New York: USA, 2002.
12. Chikhi, N.; and others. Modification of epoxy resin using reactive liquid (ATBN) rubber. European polymer journal. 38 (2002): 251-264.
13. Ozturk, A.; and others. Effects of liquid rubber modification on the behaviour of epoxy resin. European polymer journal. 37 (2001): 2353-2363.
14. Harani, H.; and others. Toughening of epoxy resin using hydroxyl-terminated polyesters. Journal of applied polymer science. 71 (1999): 29-38.
15. Lopez, J.; and others. Modification of epoxy resins by the addition of PVC plastisols. Journal of applied polymer science. 67 (1998): 1769-1777.
16. Nongnuch Chiraphaphisam. A study of the properties of liquid rubber filled epoxy resin. Master's Thesis. Department of polymer science, Faculty of graduate studies, Mahidol University, 1997.
17. Jutarat Phanmai. A study of effect of modified natural rubber on adhesion properties of epoxy resin. Master's Thesis. Department of polymer science, Faculty of graduate studies, Mahidol University, 1995.
18. Auad, M.L.; and others. Liquid rubber modified vinyl ester resins: fracture and mechanical behavior. Polymer. 42 (2001) 3723-3730.



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก-1 สูตรการเตรียมยาง ENR

สารเคมี	สูตร					
	ENR A	ENR B	ENR C	ENR D	ENR E	ENR F
น้ำยางข้น 60%DRC (กรัม)	83.33	83.33	83.33	83.33	83.33	83.33
Terric16A-16 (4 phr) 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น (กรัม)	166.67	166.67	166.67	166.67	166.67	166.67
ปริมาณเนื้อยาง (กรัม)	50	50	50	50	50	50
ความเข้มข้นของกรดฟอร์มิก 98% (โมลาร์)	0.50	1.00	0.75	0.75	0.50	0.50
ปริมาณของกรดฟอร์มิก 98% (กรัม)	16.91	33.82	25.37	25.37	16.91	16.91
ความเข้มข้นของไฮโดรเจน เปอร์ออกไซด์ 50% (โมลาร์)	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
ปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ ออกไซด์ 50% (กรัม)	37.50	37.50	37.50	37.50	37.50	37.50
ระยะเวลาที่ให้ทำปฏิกิริยา (ชั่วโมง)	6	4	8	10	14	16

1. วิธีการคำนวณการเติมกรดฟอร์มิกที่ใช้เตรียมยางธรรมชาติออกซิไดซ์ในงานวิจัย

การหาปริมาณการเติมกรดฟอร์มิกที่ทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในน้ำยางข้นที่มีปริมาณเนื้อยางแห้ง 20%DRC (น้ำยางข้น 60%DRC เจือจางให้เป็นน้ำยางข้น 20%DRC ด้วยการเติมน้ำกลั่น ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้น้ำยางข้น 60%DRC ปริมาณ 83.33 กรัม เติมน้ำกลั่น 166.67 กรัม มีเนื้อยางแห้ง 50 กรัม) การคำนวณแสดงดังนี้

ENR A, ENR E และ ENR F

โมลาร์กรดฟอร์มิก : โมลาร์หน่วยไอโซพรีนของยางธรรมชาติ เป็น 0.50 : 1.00

หน่วยไอโซพรีน (C_5H_8) มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 68 กรัม/โมล

$$\begin{aligned} \text{หาจำนวนโมลของหน่วยไอโซพรีน} &= \frac{\text{น้ำหนักยางแห้ง} / \text{มวลโมเลกุล}}{=} \\ &= 50 \text{ กรัม} / (68 \text{ กรัม/โมล}) \\ &= 0.7353 \text{ โมล} \end{aligned}$$

$$1 \text{ โมลของหน่วยไอโซพรีนใช้กรดฟอร์มิก} \quad 0.50 \quad \text{โมล}$$

$$\begin{aligned} \text{ถ้า } 0.7353 \text{ โมล ของหน่วยไอโซพรีน ใช้กรดฟอร์มิก} & \quad (0.50 \times 0.7353) / 1 \\ & = 0.3677 \quad \text{โมล} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กรดฟอร์มิก } 0.3677 \text{ โมล คิดเป็น} & \quad (46 \text{ กรัม} \times 0.3677 \text{ โมล}) / 1 \text{ โมล} \\ & = 16.91 \quad \text{กรัม} \end{aligned}$$

ENR C และ ENR D

โมลาร์กรดฟอร์มิก : โมลาร์หน่วยไอโซพรีนของยางธรรมชาติ เป็น 0.75 : 1.00

หน่วยไอโซพรีน (C_5H_8) มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 68 กรัม/โมล

$$\begin{aligned} \text{หาจำนวนโมลของหน่วยไอโซพรีน} &= \frac{\text{น้ำหนักยางแห้ง} / \text{มวลโมเลกุล}}{=} \\ &= 50 \text{ กรัม} / (68 \text{ กรัม/โมล}) \\ &= 0.7353 \text{ โมล} \end{aligned}$$

$$1 \text{ โมลของหน่วยไอโซพรีนใช้กรดฟอร์มิก} \quad 0.75 \quad \text{โมล}$$

$$\begin{aligned} \text{ถ้า } 0.7353 \text{ โมล ของหน่วยไอโซพรีน ใช้กรดฟอร์มิก} & \quad (0.75 \times 0.7353) / 1 \\ & = 0.5515 \quad \text{โมล} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กรดฟอร์มิก } 0.5515 \text{ โมล คิดเป็น} & \quad (46 \text{ กรัม} \times 0.5515 \text{ โมล}) / 1 \text{ โมล} \\ & = 25.37 \quad \text{กรัม} \end{aligned}$$

ENR B

โมลาร์กรดฟอร์มิก : โมลาร์หน่วยไอโซพรีนของยางธรรมชาติ เป็น 1.00 : 1.00

หน่วยไอโซพรีน (C_5H_8) มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 68 กรัม/โมล

$$\begin{aligned} \text{หาจำนวนโมลของหน่วยไอโซพรีน} &= \frac{\text{น้ำหนักยางแห้ง} / \text{มวลโมเลกุล}}{=} \\ &= 50 \text{ กรัม} / (68 \text{ กรัม/โมล}) \\ &= 0.7353 \text{ โมล} \end{aligned}$$

1 โมลของหน่วยไอโซพรีนใช้กรดฟอร์มิก	1.00	โมล
ถ้า 0.7353 โมล ของหน่วยไอโซพรีน ใช้กรดฟอร์มิก	$(1.00 \times 0.7353) / 1$	โมล
	$= 0.7353$	โมล
กรดฟอร์มิก 0.7353 โมล คิดเป็น	$(46 \text{ กรัม} \times 0.7353 \text{ โมล}) / 1 \text{ โมล}$	
	$= 33.82$	กรัม

2. วิธีการคำนวณการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้เตรียมยางธรรมชาติอพอกซีไดซีในงานวิจัย

การหาปริมาณการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ทำปฏิกิริยากับกรดฟอร์มิกในน้ำยางชั้นที่มีปริมาณเนื้อยางแห้ง 20%DRC (น้ำยางชั้น 60%DRC เจือจางให้เป็นน้ำยางชั้น 20%DRC ด้วยการเติมน้ำกลั่น ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้น้ำยางชั้น 60%DRC ปริมาณ 83.33 กรัม เติมน้ำกลั่น 166.67 กรัม มีเนื้อยางแห้ง 50 กรัม) การคำนวณแสดงดังนี้

ENR A, ENR B, ENR C, ENR D, ENR E และ ENR F

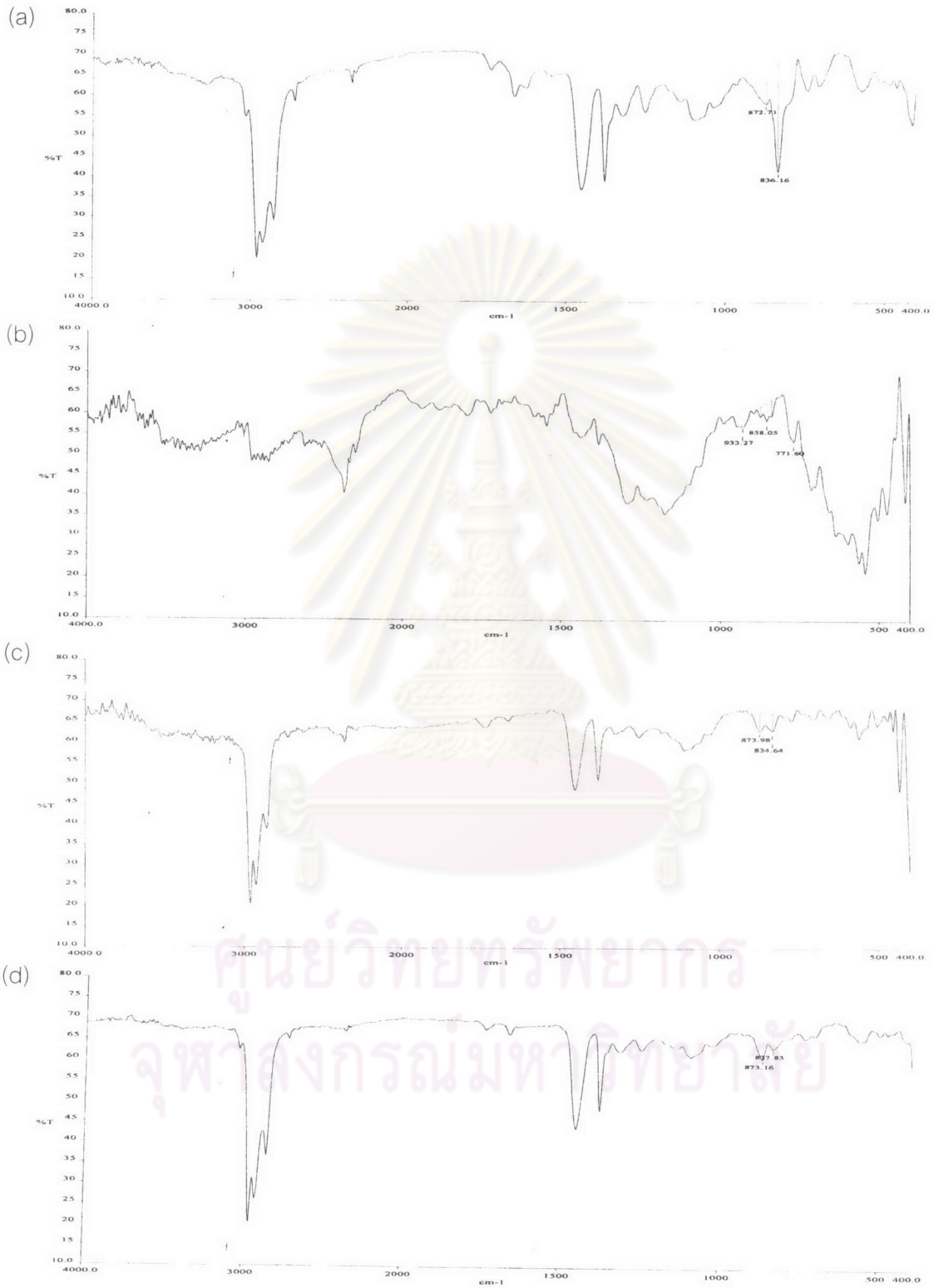
โมลาร์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ : โมลาร์หน่วยไอโซพรีนของยางธรรมชาติเป็น 0.75 : 1.00

หน่วยไอโซพรีน (C_5H_8) มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 68 กรัม/โมล

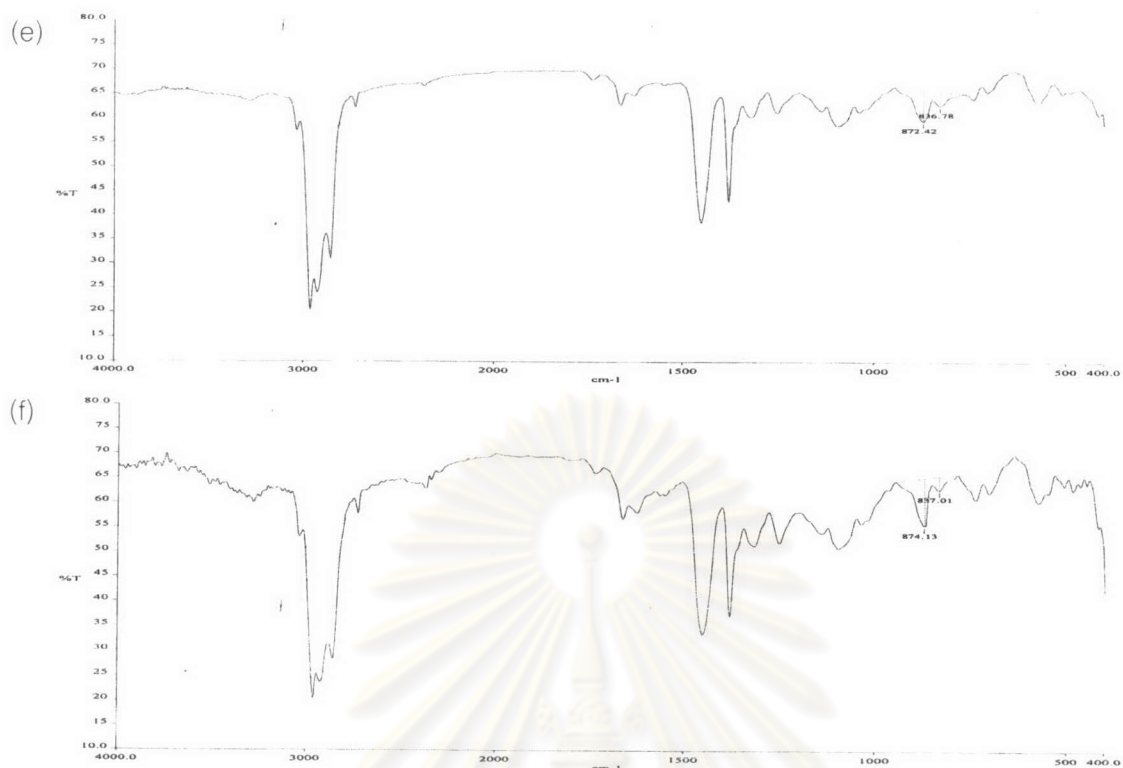
$$\begin{aligned}
 \text{หาจำนวนโมลของหน่วยไอโซพรีน} &= \frac{\text{น้ำหนักยางแห้ง} / \text{มวลโมเลกุล}}{\text{โมล}} \\
 &= \frac{50 \text{ กรัม} / (68 \text{ กรัม/โมล})}{\text{โมล}} \\
 &= 0.7353 \text{ โมล}
 \end{aligned}$$

1 โมลของหน่วยไอโซพรีนใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	0.75	โมล
ถ้า 0.7353 โมล ของหน่วยไอโซพรีน ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	$(0.75 \times 0.7353) / 1$	โมล
	$= 0.5515$	โมล
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 0.5515 โมล คิดเป็น	$(34 \text{ กรัม} \times 0.5515 \text{ โมล}) / 1 \text{ โมล}$	
	$= 18.75$	กรัม
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 50 กรัม คิดเป็น	100	กรัม
ถ้าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 18.75 กรัม คิดเป็น	$(18.75 \times 100) / 50$	กรัม
	$= 37.50$	กรัม

ภาคผนวก ข



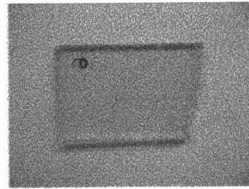
รูปที่ ข-1 สเปกตรัม FT-IR (a) ENR 25 (b) ENR 40 (c) ENR 50 (d) ENR 60



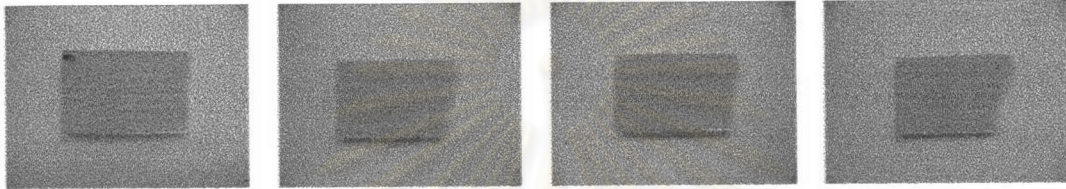
รูปที่ ข-1 (ต่อ) สเปกตรัม FT-IR (e) ENR 70 (f) ENR 80

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค



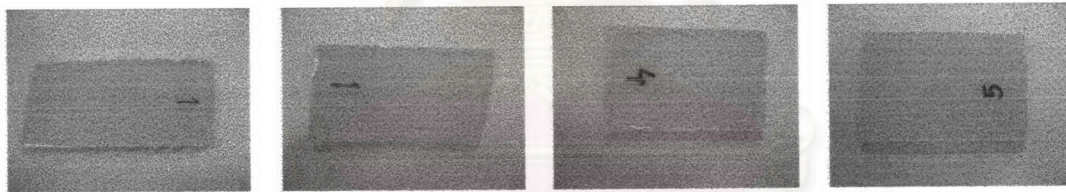
รูปที่ ค-1 ลักษณะตัวอย่างของอิพอกซีเรซิน



(a) (b) (c) (d)

รูปที่ ค-2 ลักษณะตัวอย่างของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอิพอกซีเรซินกับยาง CTBN

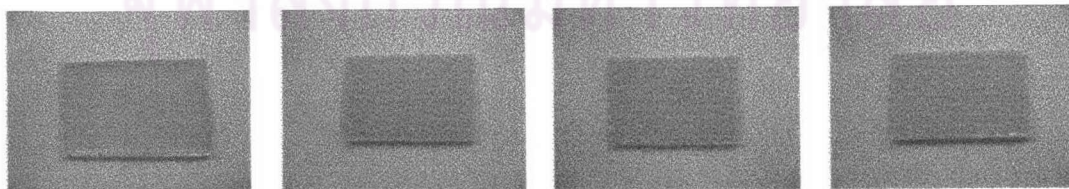
(a) 2 phr (b) 5 phr (c) 7 phr (d) 10 phr



(a) (b) (c) (d)

รูปที่ ค-3 ลักษณะตัวอย่างของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอิพอกซีเรซินกับยาง NR

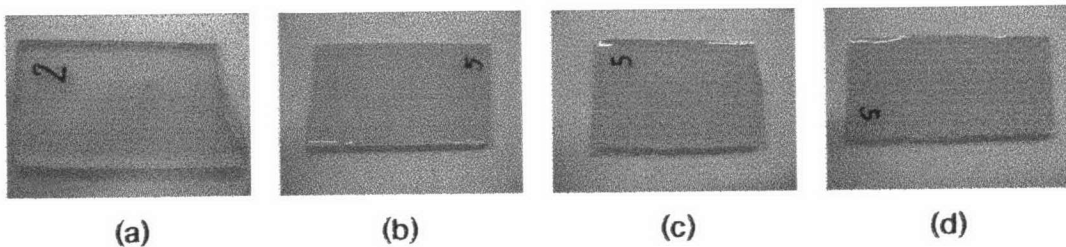
(a) 2 phr (b) 5 phr (c) 7 phr (d) 10 phr



(a) (b) (c) (d)

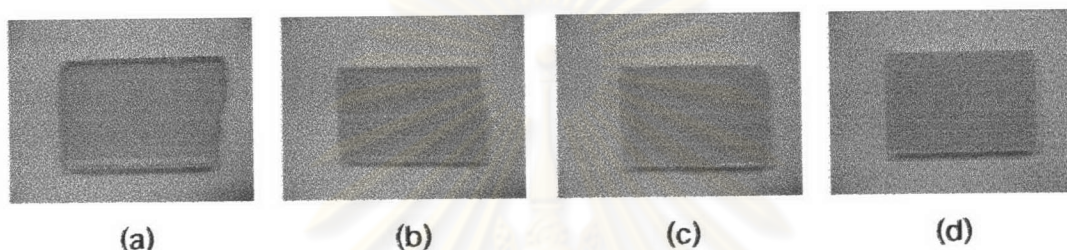
รูปที่ ค-4 ลักษณะตัวอย่างของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอิพอกซีเรซินกับยาง ENR 25

(a) 2 phr (b) 5 phr (c) 7 phr (d) 10 phr



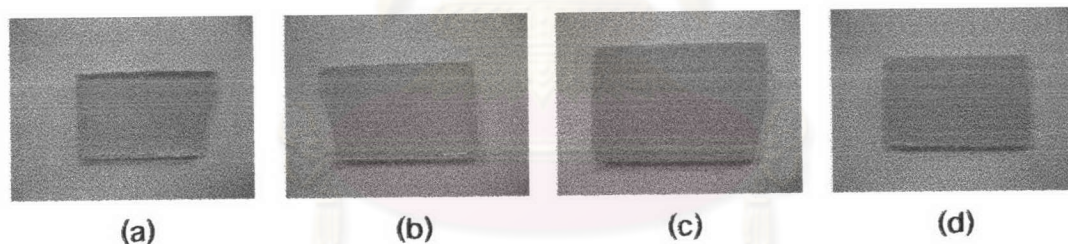
รูปที่ ค-5 ลักษณะตัวอย่างของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอิพอกซีเรซินกับยาง ENR 40

(a) 2 phr (b) 5 phr (c) 7 phr (d) 10 phr



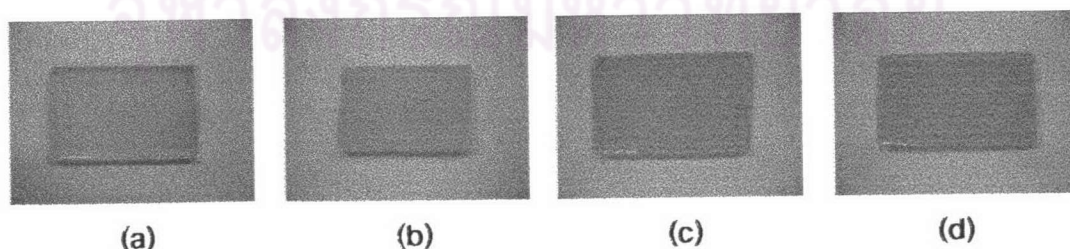
รูปที่ ค-6 ลักษณะตัวอย่างของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอิพอกซีเรซินกับยาง ENR 50

(a) 2 phr (b) 5 phr (c) 7 phr (d) 10 phr



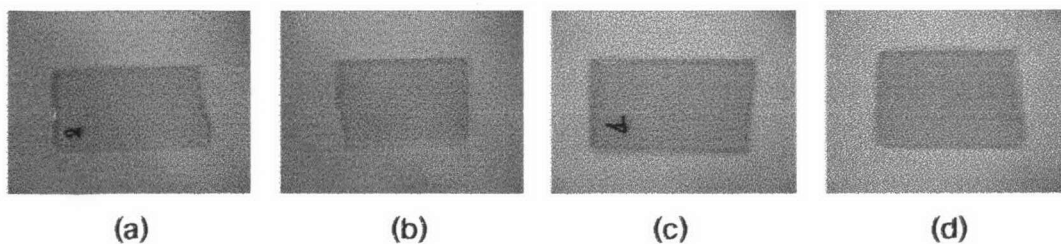
รูปที่ ค-7 ลักษณะตัวอย่างของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอิพอกซีเรซินกับยาง ENR 60

(a) 2 phr (b) 5 phr (c) 7 phr (d) 10 phr



รูปที่ ค-8 ลักษณะตัวอย่างของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอิพอกซีเรซินกับยาง ENR 70

(a) 2 phr (b) 5 phr (c) 7 phr (d) 10 phr



รูปที่ ค-9 ลักษณะตัวอย่างของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซินกับยาง ENR 80

(a) 2 phr (b) 5 phr (c) 7 phr (d) 10 phr



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ตารางที่ ง-1 ค่าความทนแรงกระแทกของอิพอกซีเรซิน และพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับยาง CTBN ยาง NR และยาง ENR

พอลิเมอร์ผสม	ปริมาณยาง (phr)	ค่าความทนแรงกระแทก (kJ/m ²)
อิพอกซีเรซิน	-	51.94
อิพอกซีเรซิน/CTBN	2	56.69
	5	57.15
	7	69.62
	10	66.50
อิพอกซีเรซิน/ยาง NR	2	67.47
	5	73.03
	7	78.40
	10	65.97
อิพอกซีเรซิน/ENR 25	2	40.42
	5	41.74
	7	31.70
	10	26.73
อิพอกซีเรซิน/ENR 40	2	70.40
	5	66.88
	7	61.43
	10	56.84
อิพอกซีเรซิน/ENR 50	2	61.15
	5	56.98
	7	57.95
	10	51.00
อิพอกซีเรซิน/ENR 60	2	55.82
	5	57.10
	7	50.00
	10	43.30

พอลิเมอร์ผสม	ปริมาณยาง (phr)	ค่าความทนแรงกระแทก (kJ/m ²)
อีพอกซีเรซิน/ENR 70	2	39.40
	5	55.05
	7	43.03
	10	38.38
อีพอกซีเรซิน/ENR 80	2	52.65
	5	56.95
	7	48.42
	10	50.90

ตารางที่ ง-2 ค่าความทนแรงดึงของอีพอกซีเรซิน และพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อีพอกซีเรซินกับยาง CTBN ยาง NR และยาง ENR

พอลิเมอร์ผสม	ปริมาณยาง (phr)	ค่าความทนแรงดึง (MPa)
อีพอกซีเรซิน	-	46.99
อีพอกซีเรซิน/CTBN	2	36.63
	5	36.25
	7	27.84
	10	35.33
อีพอกซีเรซิน/ยาง NR	2	35.73
	5	31.72
	7	22.13
อีพอกซีเรซิน/ยาง NR	10	26.51
	2	40.35
	5	25.88
	7	12.54
อีพอกซีเรซิน/ENR 25	10	11.10
	2	31.73
	5	37.97
อีพอกซีเรซิน/ENR 40	7	35.63
	10	26.87

พอลิเมอร์ผสม	ปริมาณยาง (phr)	ค่าความทนแรงดึง (MPa)
อีพอกซีเรซิน/ENR 50	2	32.75
	5	33.38
	7	31.47
	10	10.85
อีพอกซีเรซิน/ENR 60	2	43.03
	5	27.62
	7	21.59
	10	11.77
อีพอกซีเรซิน/ENR 70	2	38.43
	5	25.87
	7	26.93
	10	9.8
อีพอกซีเรซิน/ENR 80	2	28.30
	5	29.29
	7	19.15
	10	16.36

ตารางที่ ง-3 เปอร์เซ็นต์การยืดของอีพอกซีเรซิน และพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อีพอกซีเรซินกับยาง CTBN ยาง NR และยาง ENR

พอลิเมอร์ผสม	ปริมาณยาง (phr)	ค่าเปอร์เซ็นต์การยืด
อีพอกซีเรซิน	-	10.72
อีพอกซีเรซิน/CTBN	2	13.90
	5	15.12
	7	15.20
	10	13.57
อีพอกซีเรซิน/ยาง NR	2	10.61
	5	9.08
	7	9.29
	10	10.80

พอลิเมอร์ผสม	ปริมาณยาง (phr)	ค่าเปอร์เซ็นต์การยึด
อีพอกซีเรซิน/ENR 25	2	14.39
	5	10.76
	7	9.46
	10	9.53
อีพอกซีเรซิน/ENR 40	2	10.26
	5	13.49
	7	12.64
	10	9.61
อีพอกซีเรซิน/ENR 50	2	12.73
	5	12.43
	7	11.70
	10	9.02
อีพอกซีเรซิน/ENR 60	2	12.66
	5	11.66
	7	9.48
	10	9.49
อีพอกซีเรซิน/ENR 70	2	14.86
	5	10.66
	7	12.55
	10	6.94
อีพอกซีเรซิน/ENR 80	2	12.42
	5	12.60
	7	12.49
	10	10.17

ตารางที่ ง-4 ค่ายังส์มอดุลัสของอิพอกซีเรซิน และพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับยาง CTBN ยาง NR และยาง ENR

พอลิเมอร์ผสม	ปริมาณยาง (phr)	ค่ายังส์มอดุลัส (MPa)
อิพอกซีเรซิน	-	502.19
อิพอกซีเรซิน/CTBN	2	357.47
	5	346.84
	7	299.03
	10	351.93
อิพอกซีเรซิน/ยาง NR	2	480.32
	5	497.06
	7	344.83
	10	330.71
อิพอกซีเรซิน/ENR 25	2	400.34
	5	340.94
	7	209.92
	10	161.65
อิพอกซีเรซิน/ENR 40	2	454.45
	5	424.38
	7	387.64
	10	377.63
อิพอกซีเรซิน/ENR 50	2	364.94
	5	380.80
	7	404.50
	10	199.85
อิพอกซีเรซิน/ENR 60	2	456.34
	5	362.97
	7	332.79
	10	176.07
อิพอกซีเรซิน/ENR 70	2	378.24
	5	340.17
	7	313.39
	10	192.53

พอลิเมอร์ผสม	ปริมาณยาง (phr)	ค่ายังส์มอดุลัส (MPa)
อีพอกซีเรซิน/ENR 80	2	360.52
	5	333.74
	7	244.85
	10	261.41

ตารางที่ ง-5 ค่าความทนแรงดัดโค้งของอีพอกซีเรซิน และพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซินกับยาง CTBN ยาง NR และยาง ENR

พอลิเมอร์ผสม	ปริมาณยาง (phr)	ค่าความทนแรงดัดโค้ง (MPa)
อีพอกซีเรซิน	-	55.95
อีพอกซีเรซิน/CTBN	2	52.70
	5	51.50
	7	54.49
	10	43.54
อีพอกซีเรซิน/ยาง NR	2	52.56
	5	49.52
	7	38.12
	10	40.13
อีพอกซีเรซิน/ENR 25	2	46.01
	5	43.89
	7	24.48
	10	31.96
อีพอกซีเรซิน/ENR 40	2	60.88
	5	54.22
	7	52.51
	10	47.95
อีพอกซีเรซิน/ENR 50	2	52.69
	5	51.97
	7	50.08
	10	28.19

พอลิเมอร์ผสม	ปริมาณยาง (phr)	ค่าความทนแรงดัดโค้ง (MPa)
อีพอกซีเรซิน/ENR 60	2	60.41
	5	53.04
	7	44.87
	10	24.11
อีพอกซีเรซิน/ENR 70	2	51.74
	5	44.83
	7	43.00
	10	20.66
อีพอกซีเรซิน/ENR 80	2	49.91
	5	38.03
	7	33.85
	10	33.36

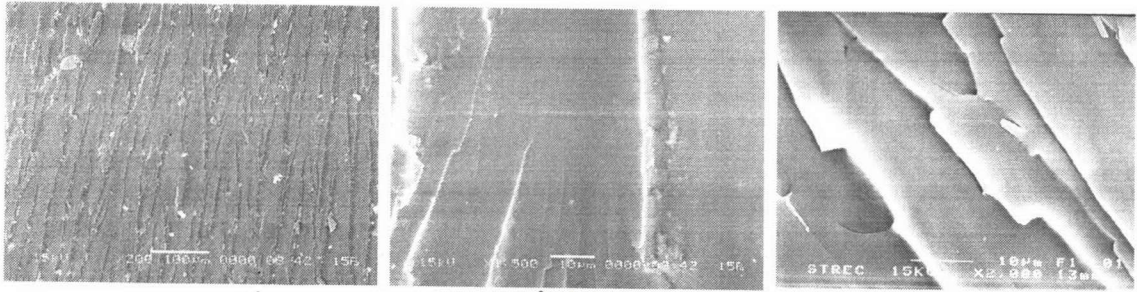
ตารางที่ ง-6 ค่ามอดูลัสดัดโค้งของอีพอกซีเรซิน และพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซินกับยาง CTBN ยาง NR และยาง ENR

พอลิเมอร์ผสม	ปริมาณยาง (phr)	ค่ามอดูลัสดัดโค้ง (MPa)
อีพอกซีเรซิน	-	656.95
อีพอกซีเรซิน/CTBN	2	594.18
	5	550.38
	7	566.61
	10	458.74
อีพอกซีเรซิน/ยาง NR	2	588.85
	5	645.97
	7	534.26
	10	468.09
อีพอกซีเรซิน/ENR 25	2	650.84
	5	530.57
	7	346.36
	10	351.67

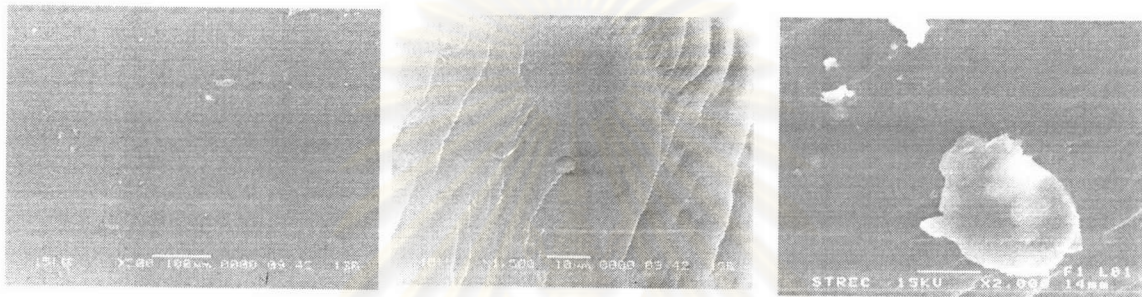
พอลิเมอร์ผสม	ปริมาณยาง (phr)	ค่ามอดุลัสตัดโค้ง (MPa)
อีพอกซีเรซิน/ENR 40	2	708.36
	5	615.32
	7	537.67
	10	502.94
อีพอกซีเรซิน/ENR 50	2	604.59
	5	550.13
	7	521.59
	10	490.82
อีพอกซีเรซิน/ENR 60	2	632.73
	5	618.42
	7	521.62
	10	354.22
อีพอกซีเรซิน/ENR 70	2	617.70
	5	525.16
	7	610.50
	10	256.54
อีพอกซีเรซิน/ENR 80	2	534.53
	5	474.39
	7	396.67
	10	390.75

ศูนย์วิทยพัทพยาบาล
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

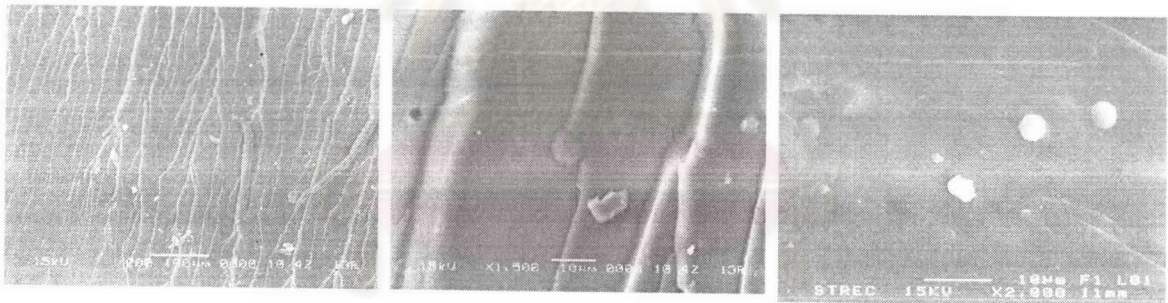
ภาคผนวก จ



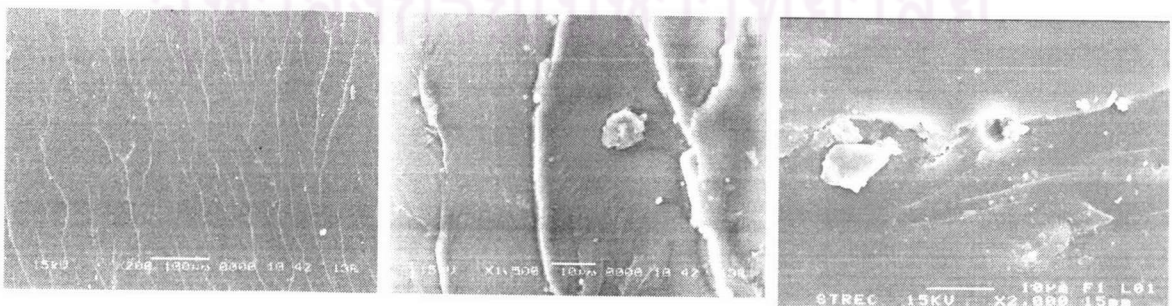
รูปที่ จ-1 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของอีพอกซีเรซิน



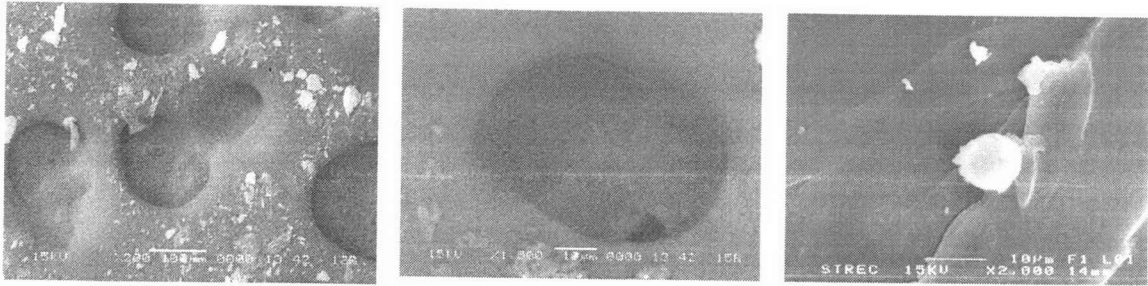
รูปที่ จ-2 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อีพอกซีเรซินกับยาง CTBN 2 phr



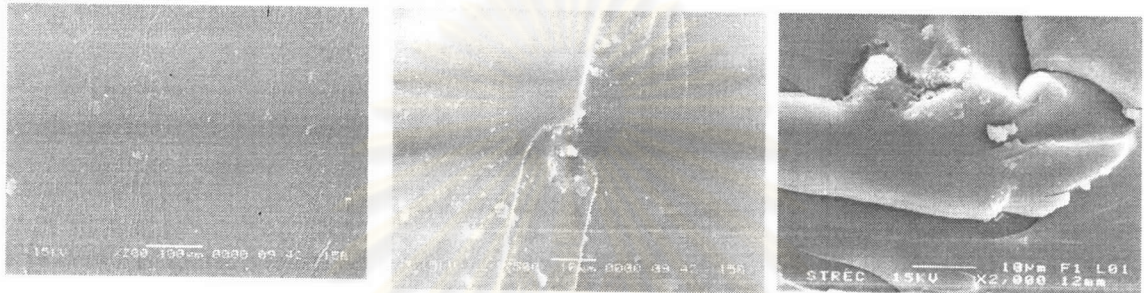
รูปที่ จ-3 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อีพอกซีเรซินกับยาง CTBN 5 phr



รูปที่ จ-4 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อีพอกซีเรซินกับยาง CTBN 7 phr



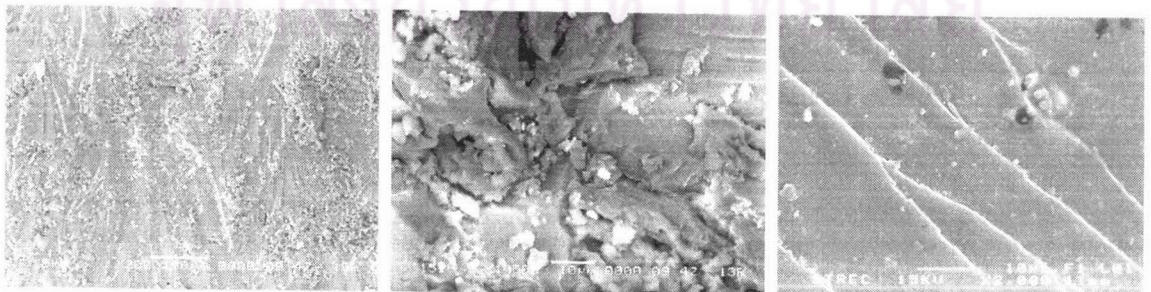
รูปที่ จ-5 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อีพอกซีเรซินกับยาง CTBN 10 phr



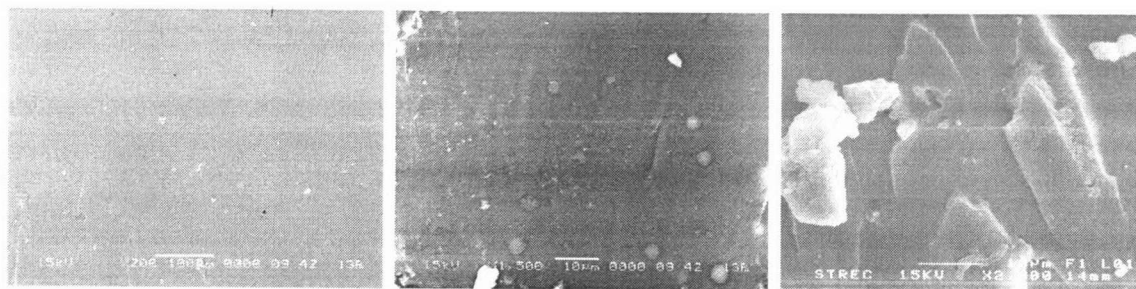
รูปที่ จ-6 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อีพอกซีเรซินกับยาง NR 2 phr



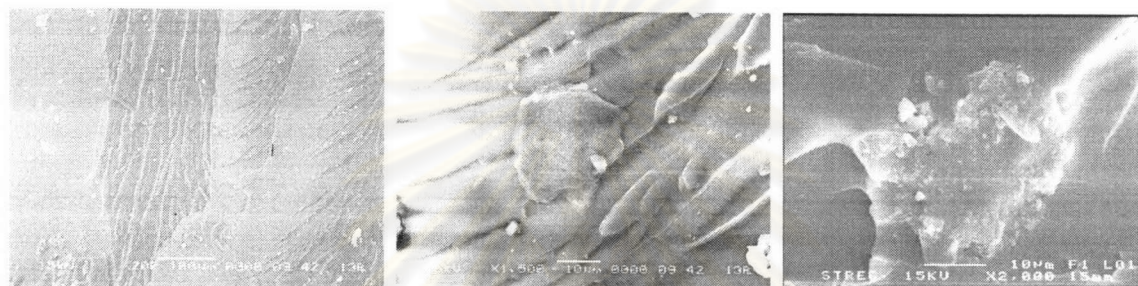
รูปที่ จ-7 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อีพอกซีเรซินกับยาง NR 5 phr



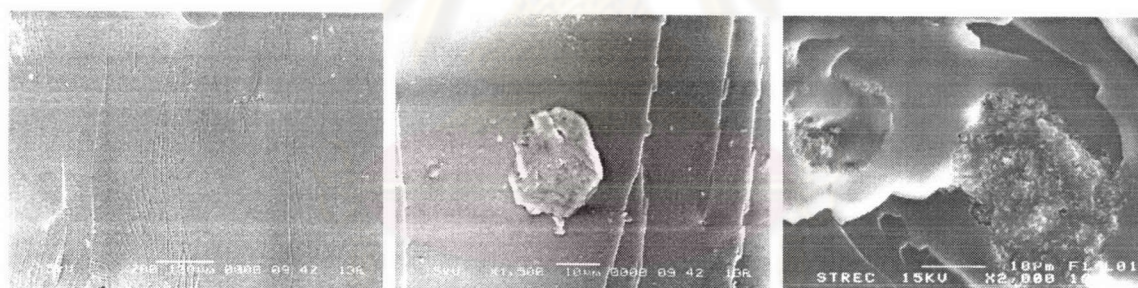
รูปที่ จ-8 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อีพอกซีเรซินกับยาง NR 7 phr



รูปที่ ๑-9 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับยาง NR 10 phr



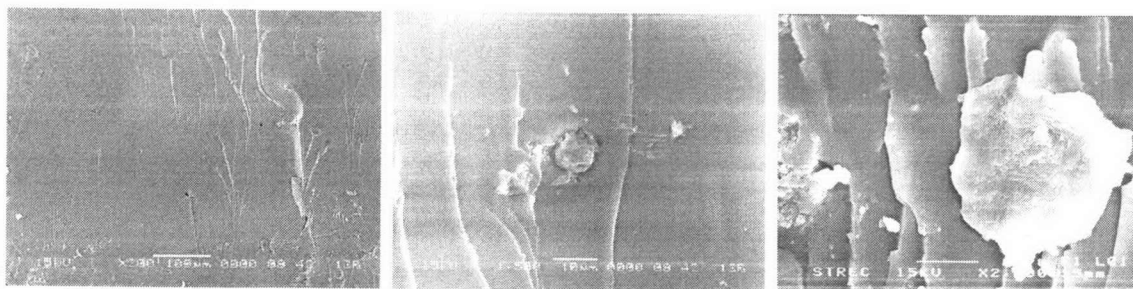
รูปที่ ๑-10 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 25 2 phr



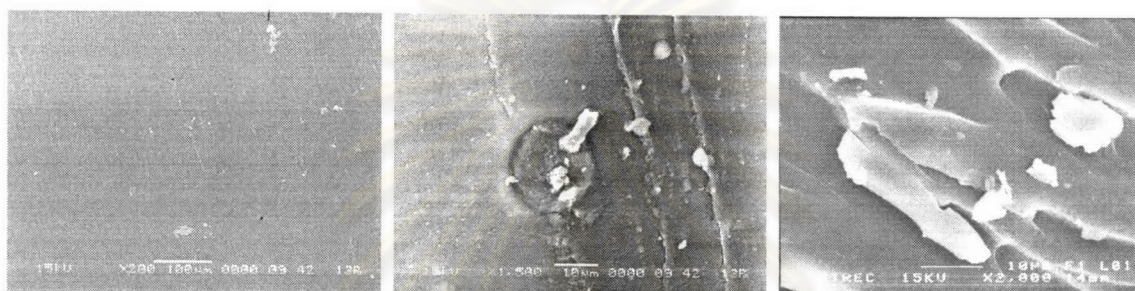
รูปที่ ๑-11 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 25 5 phr



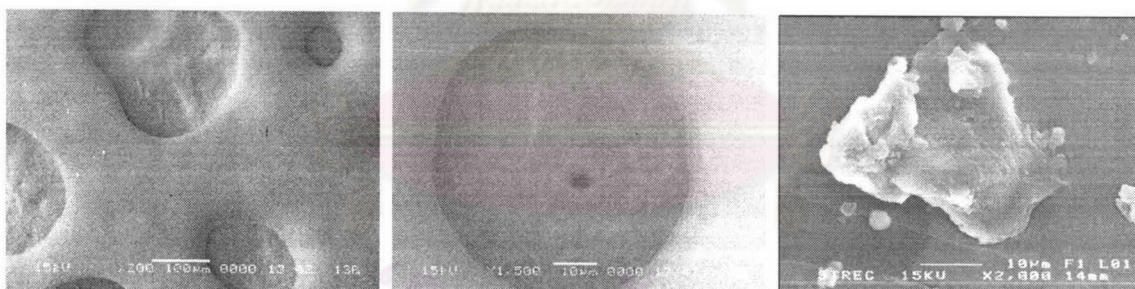
รูปที่ ๑-12 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 25 7 phr



รูปที่ จ-13 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อีพอกซีเรซินกับ ENR 25 10 phr



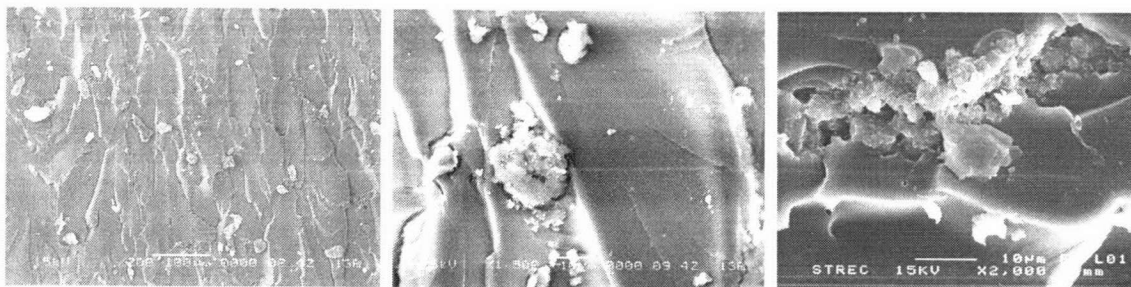
รูปที่ จ-14 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อีพอกซีเรซินกับ ENR 40 2 phr



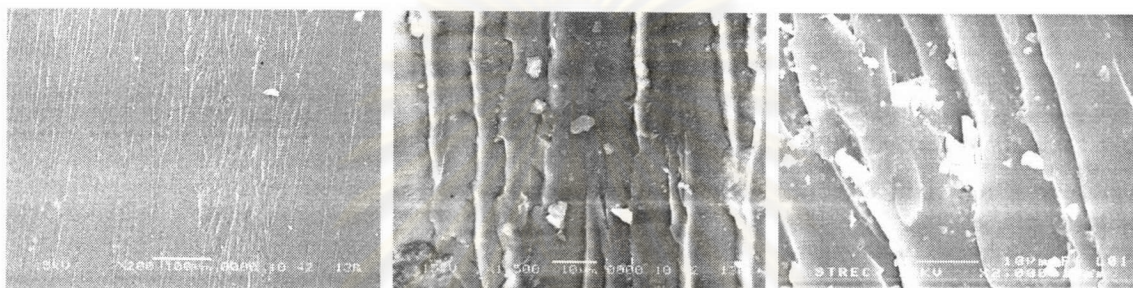
รูปที่ จ-15 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อีพอกซีเรซินกับ ENR 40 5 phr



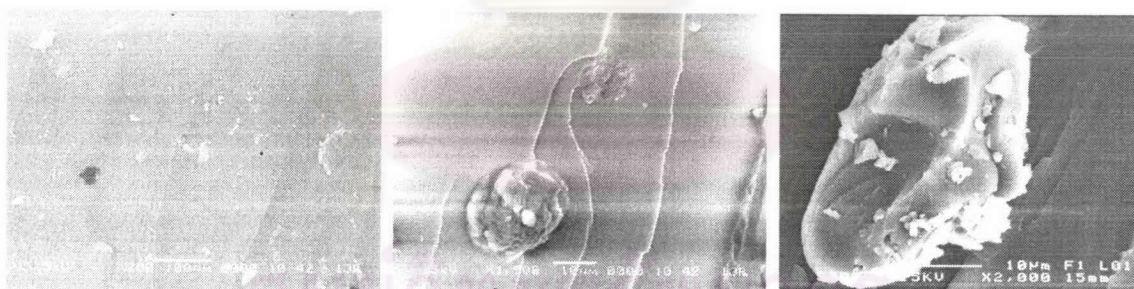
รูปที่ จ-16 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อีพอกซีเรซินกับ ENR 40 7 phr



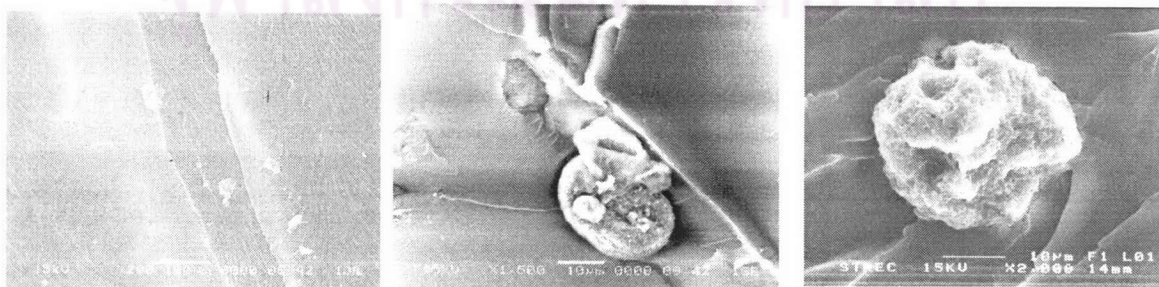
รูปที่ จ-17 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 40 10 phr



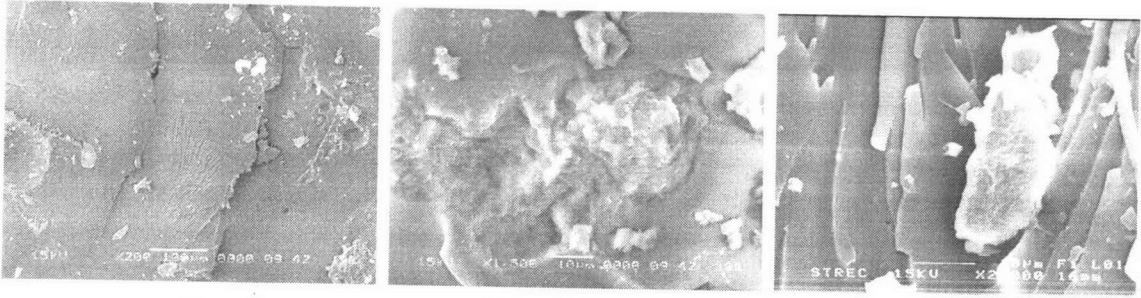
รูปที่ จ-18 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 50 2 phr



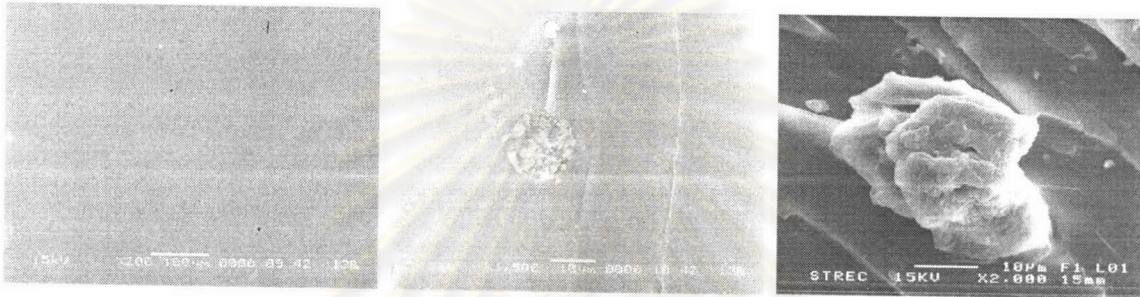
รูปที่ จ-19 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 50 5 phr



รูปที่ จ-20 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 50 7 phr



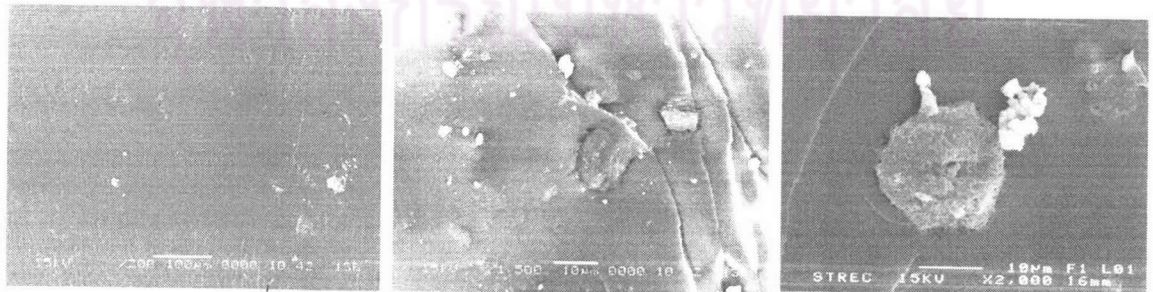
รูปที่ จ-21 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 50 10 phr



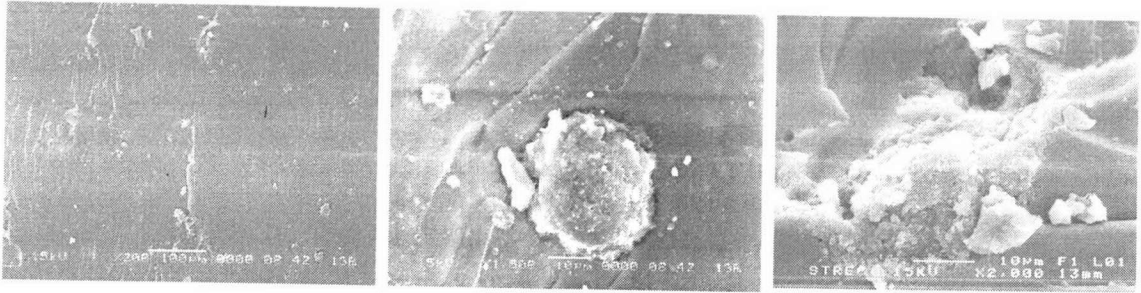
รูปที่ จ-22 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 60 2 phr



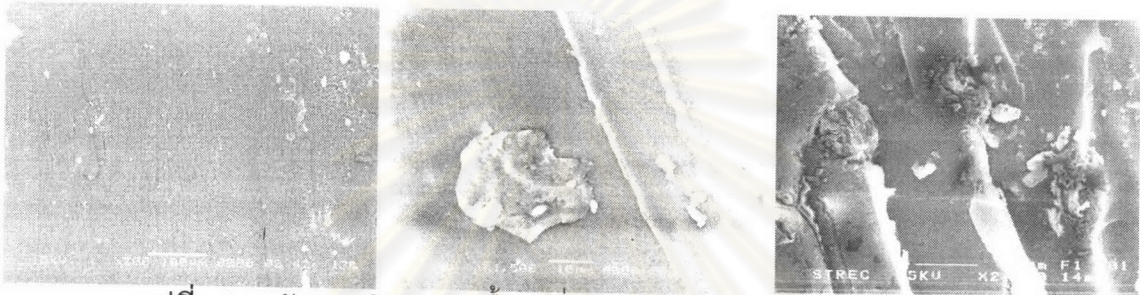
รูปที่ จ-23 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 60 5 phr



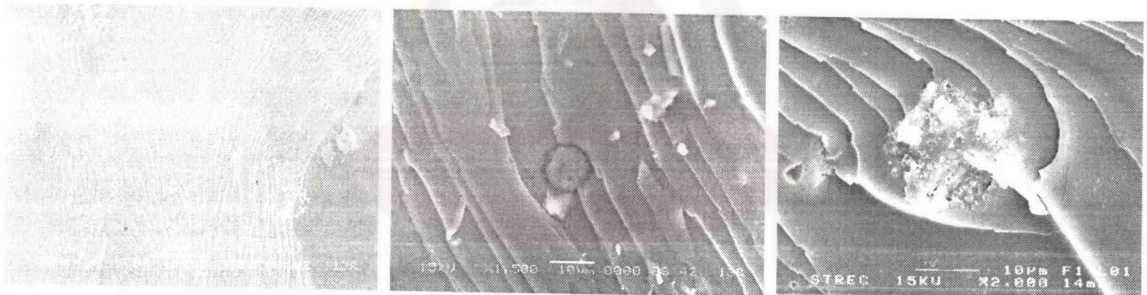
รูปที่ จ-24 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 60 7 phr



รูปที่ จ-25 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 60 10 phr



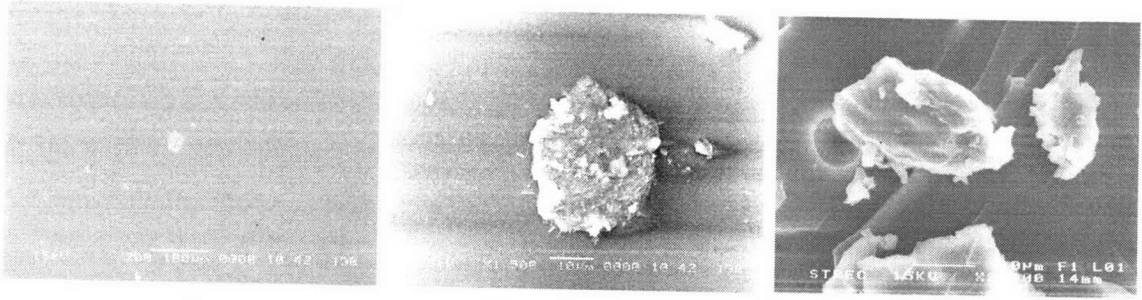
รูปที่ จ-26 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 70 2 phr



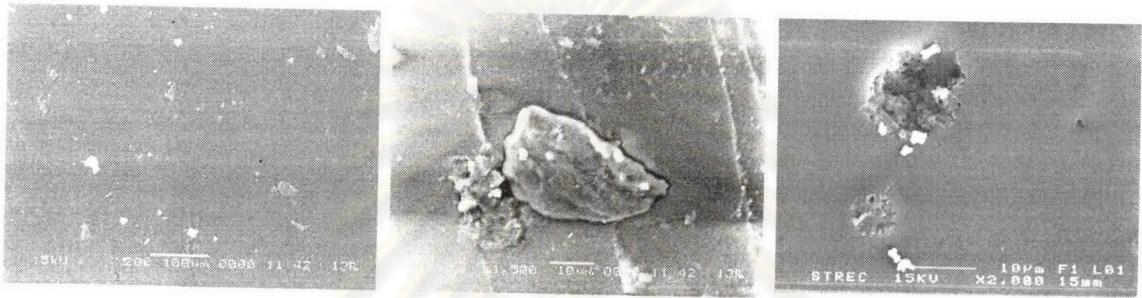
รูปที่ จ-27 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 70 5 phr



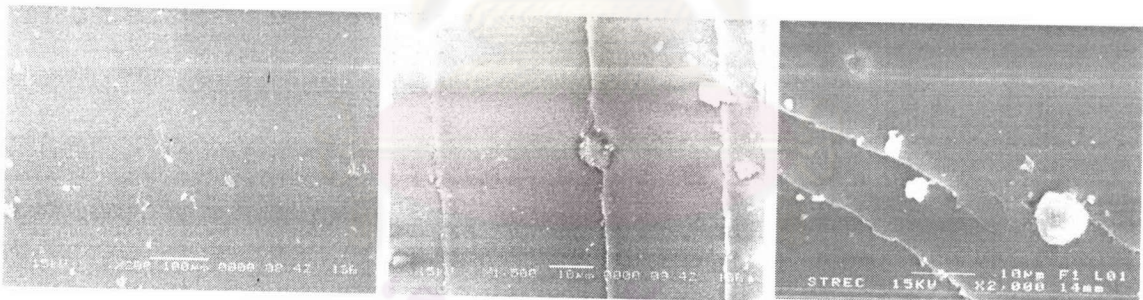
รูปที่ จ-28 สัณฐานวิทยาของของพื้นผิวที่รอยแตกหักพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 70 7 phr



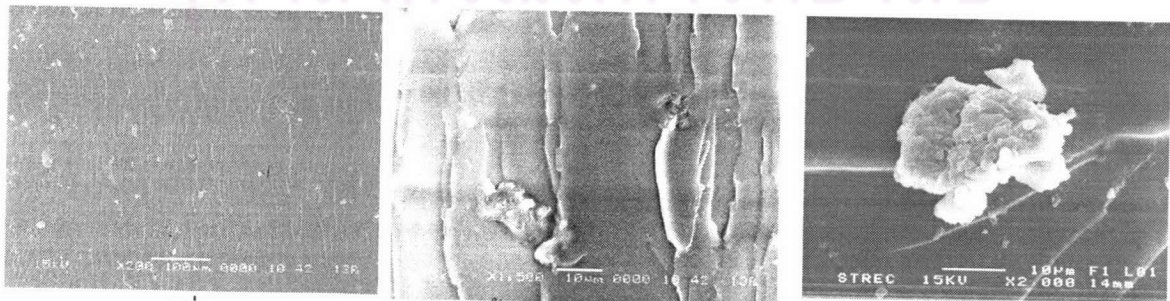
รูปที่ จ-29 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 70 10 phr



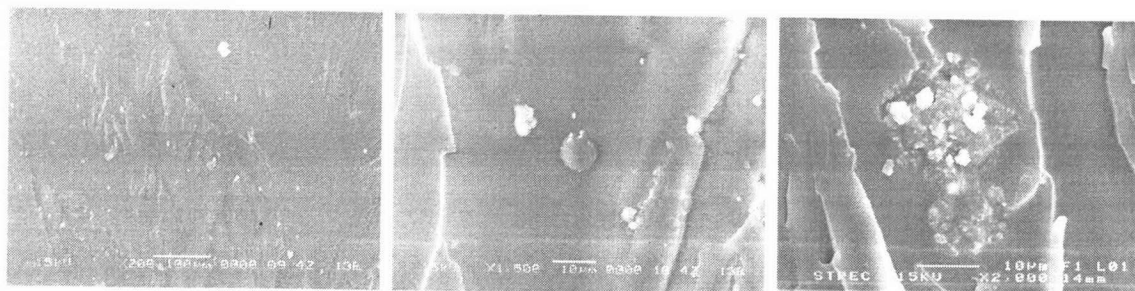
รูปที่ จ-30 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 80 2 phr



รูปที่ จ-31 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 80 5 phr



รูปที่ จ-32 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อิพอกซีเรซินกับ ENR 80 7 phr

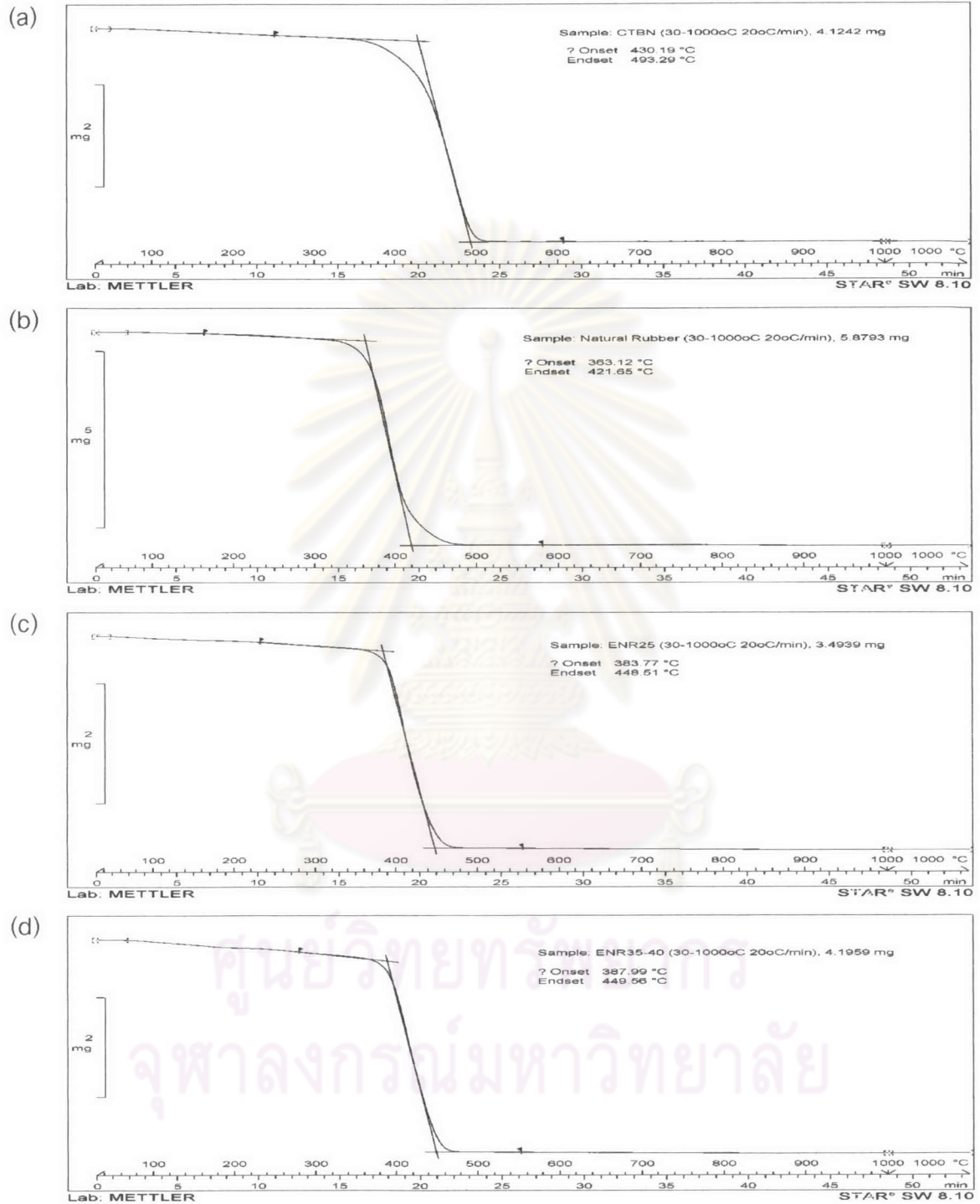


รูปที่ ๑-33 สัณฐานวิทยาของพื้นผิวที่รอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อีพอกซีเรซินกับ ENR 80 10 phr

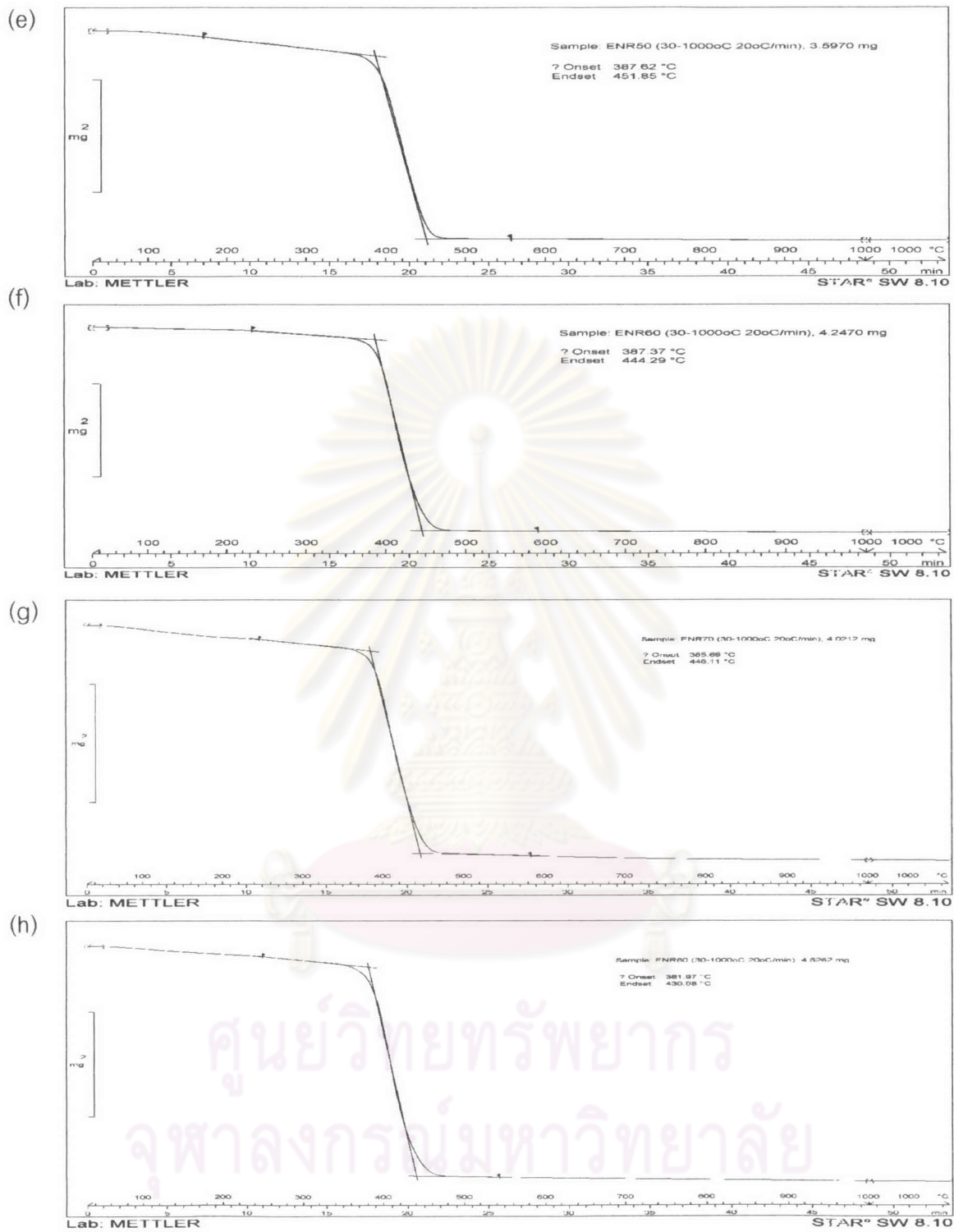


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

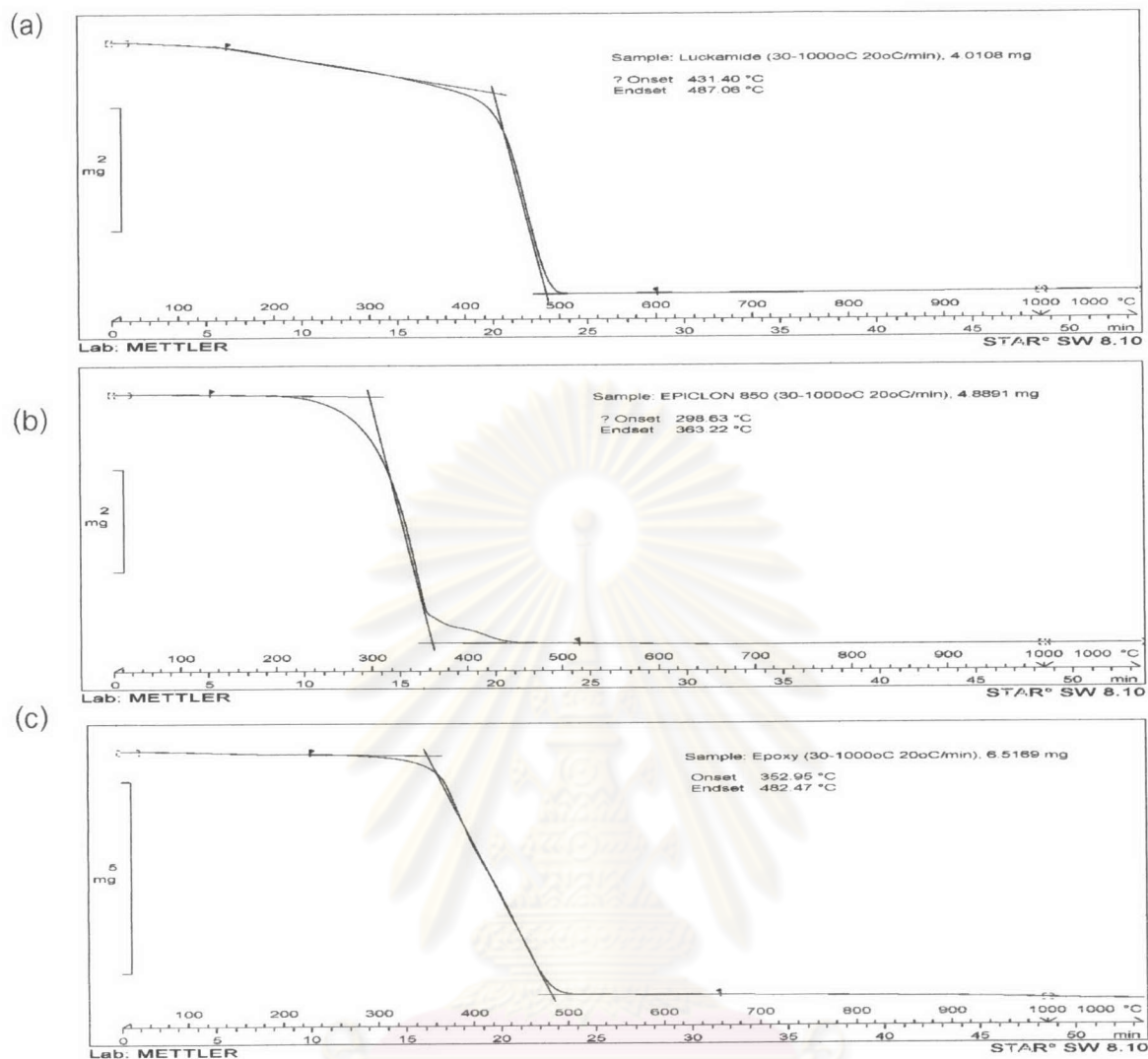


รูปที่ จ-1 กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA (a) CTBN (b) NR (c) ENR 25 (d) ENR 40



รูปที่ จ-1 (ต่อ) กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA (e) ENR 50 (f) ENR 60

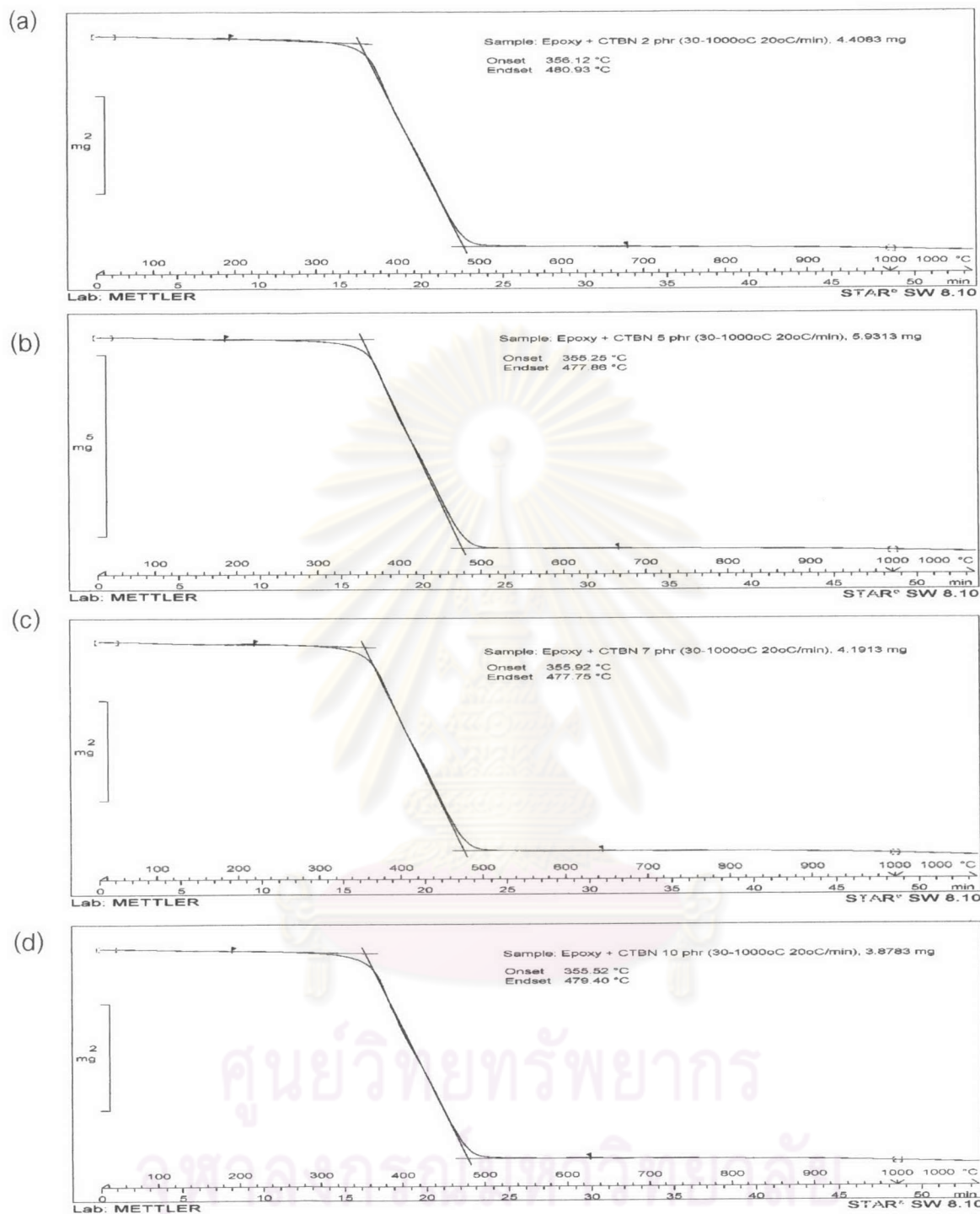
(g) ENR 70 (h) ENR 80



รูปที่ จ-2 กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA (a) สารบ่ม

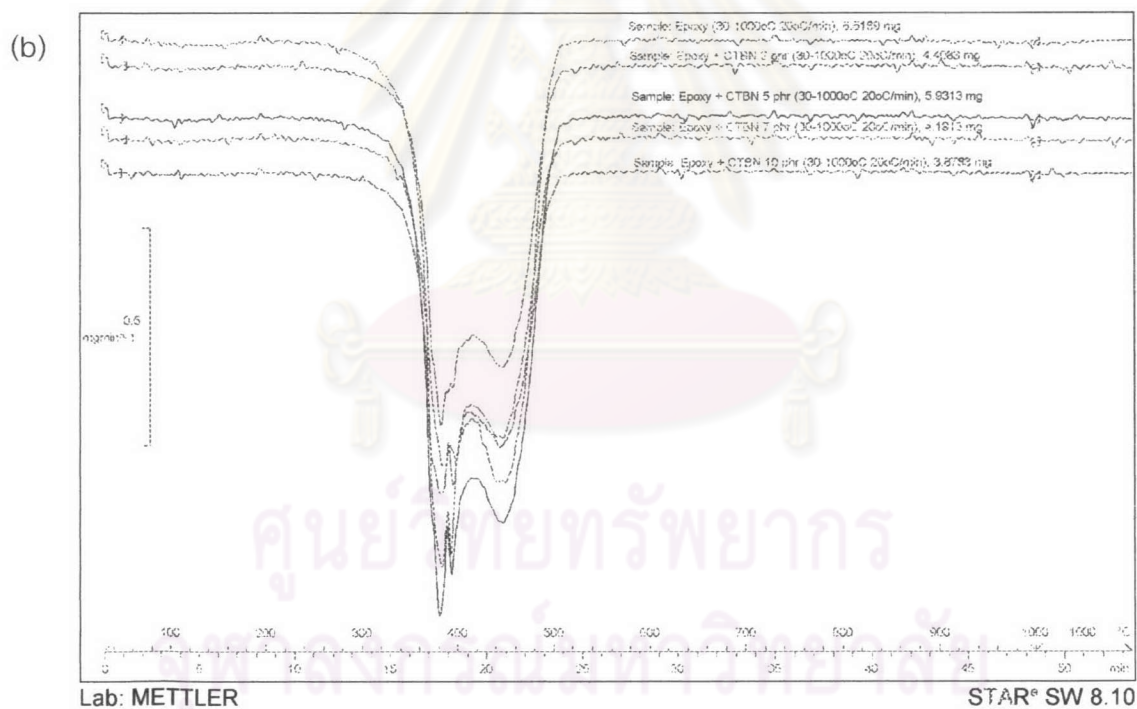
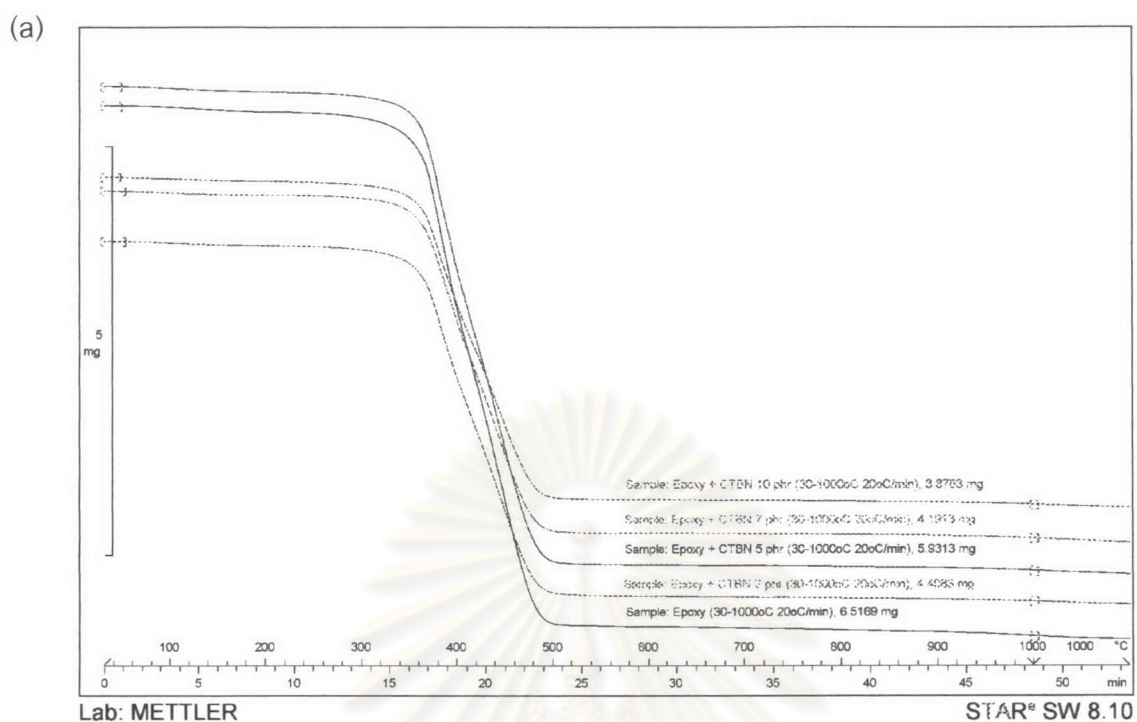
(b) อีพอกซีเรซินที่ไม่ได้บ่ม (c) อีพอกซีเรซินที่ผ่านการบ่ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



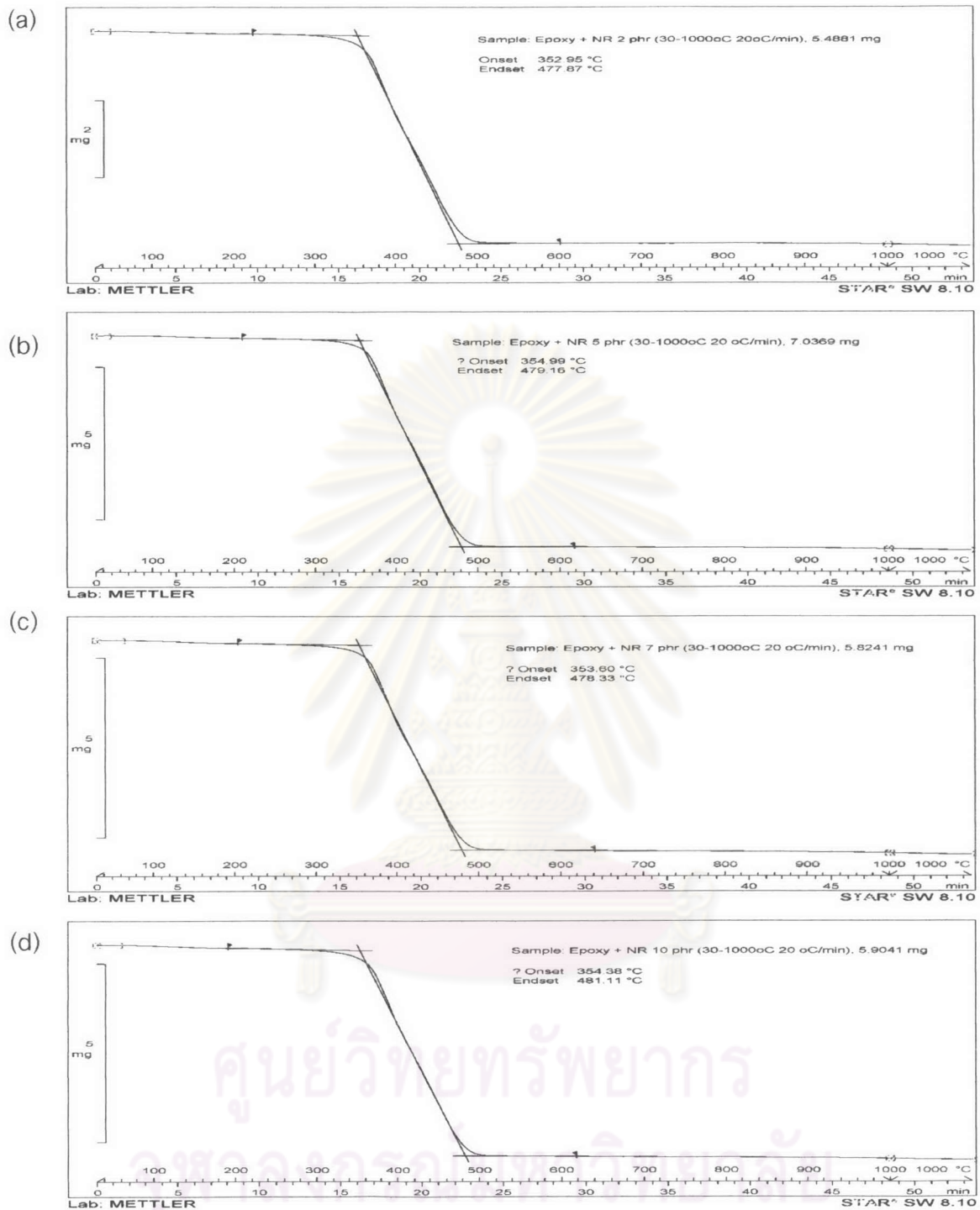
รูปที่ จ-3 กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซินกับ

ยาง CTBN (a) 2 phr (b) 5 phr (c) 7 phr (d) 10 phr

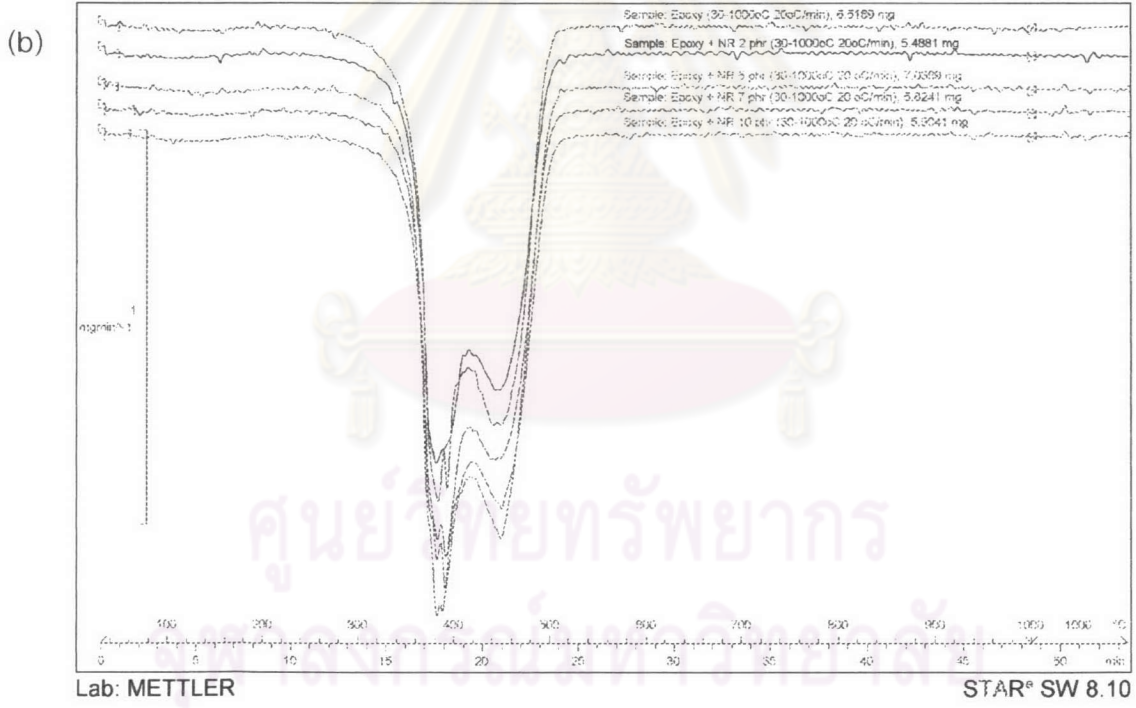
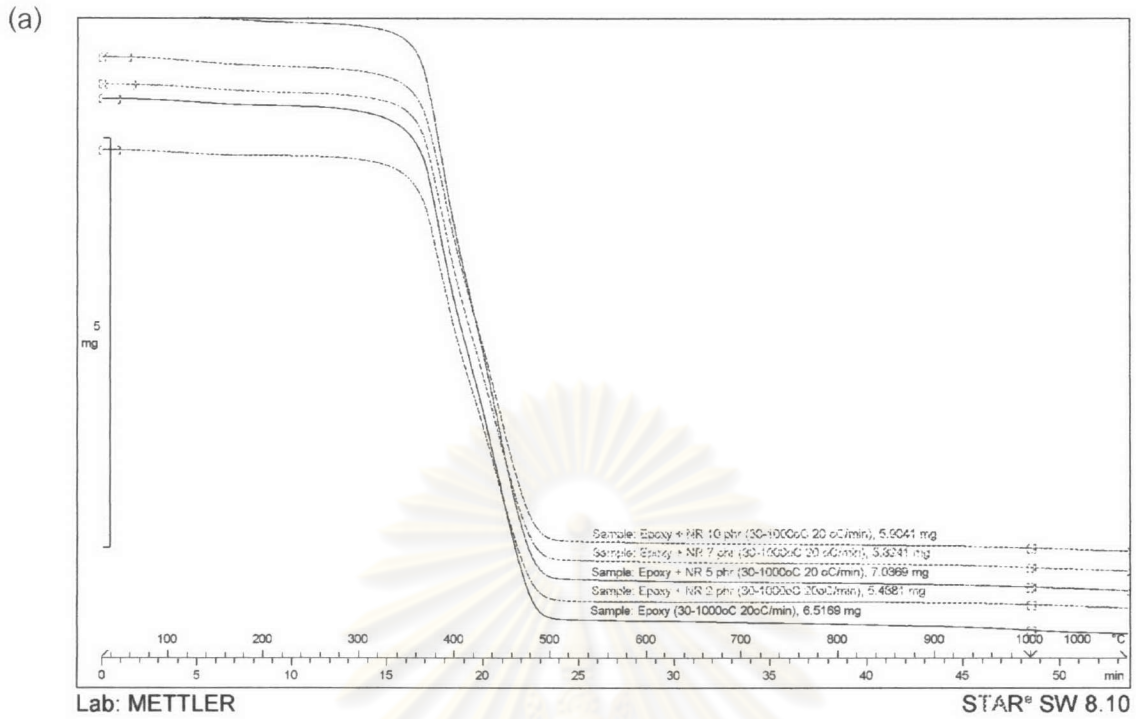


รูปที่ จ-4 กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซินกับ CTBN

(a) TGA curve (b) DTG curve

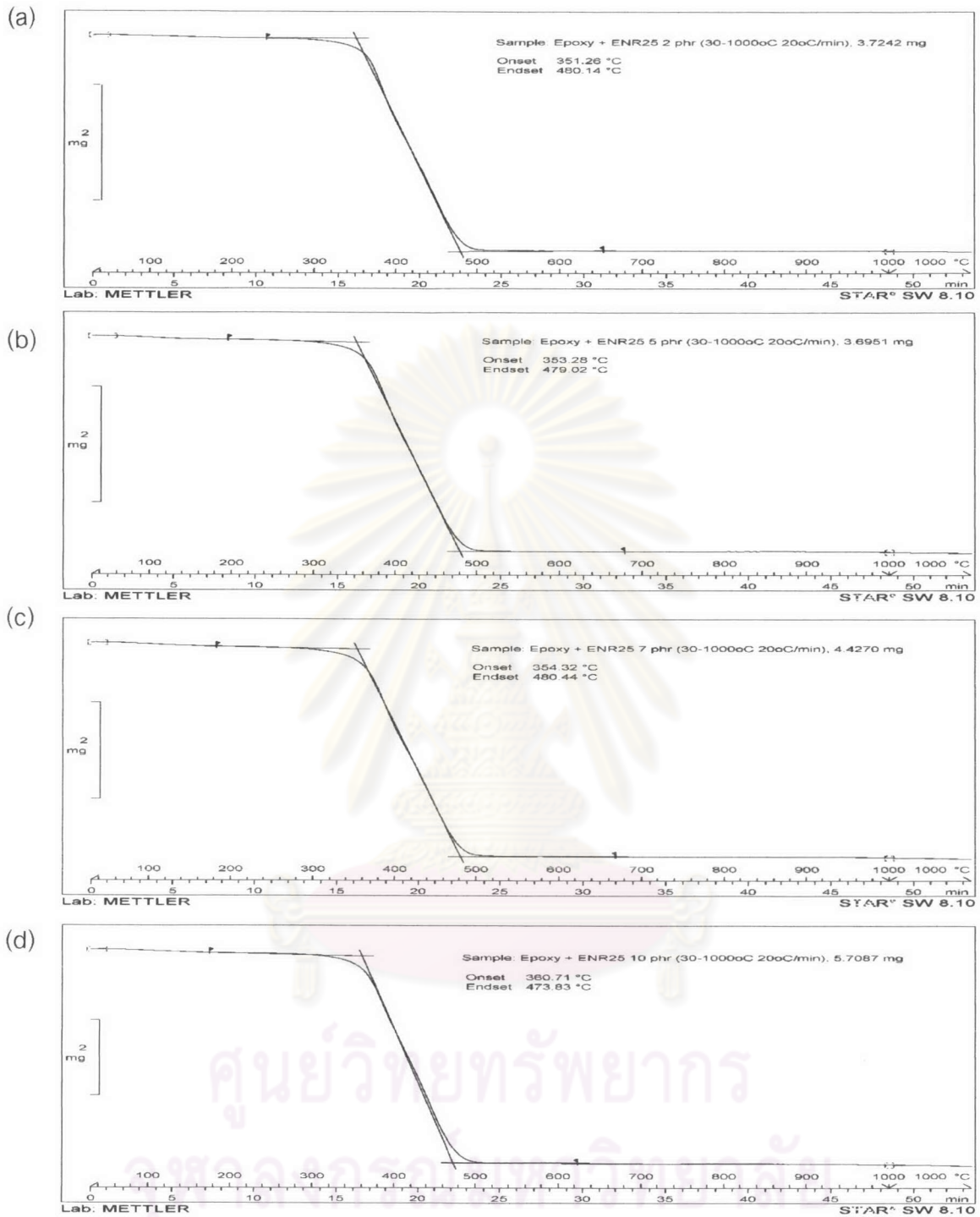


รูปที่ จ-5 กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซินกับยาง NR (a) 2 phr (b) 5 phr (c) 7 phr (d) 10 phr

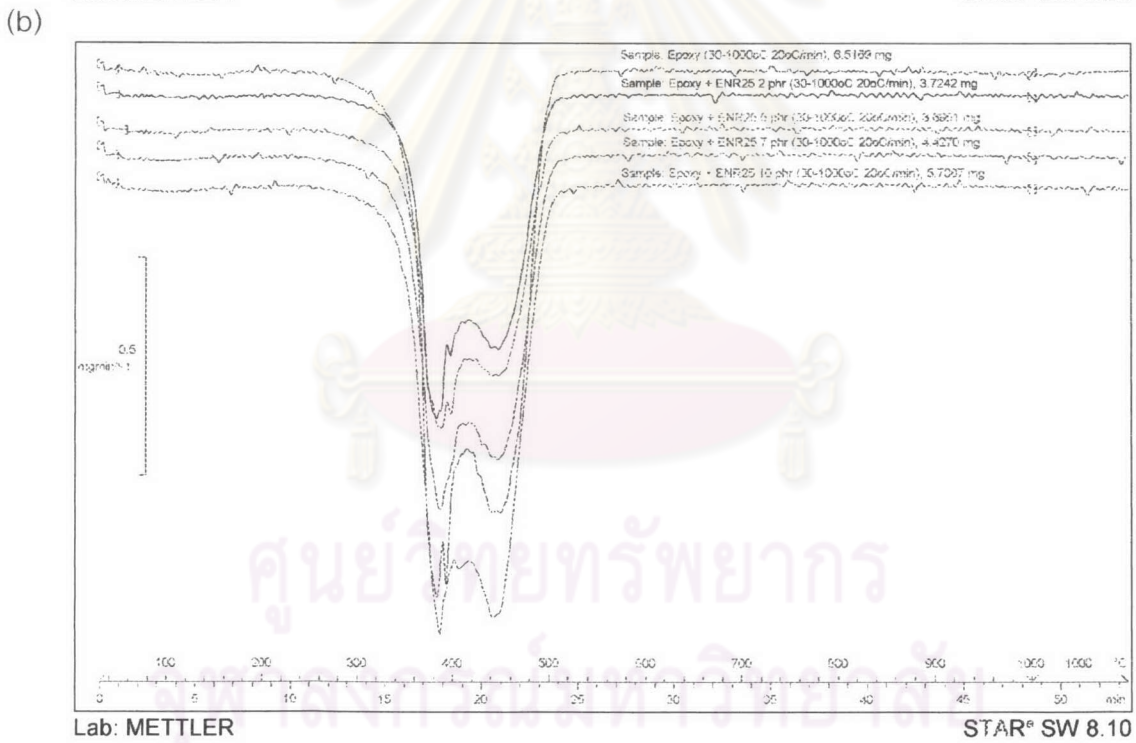
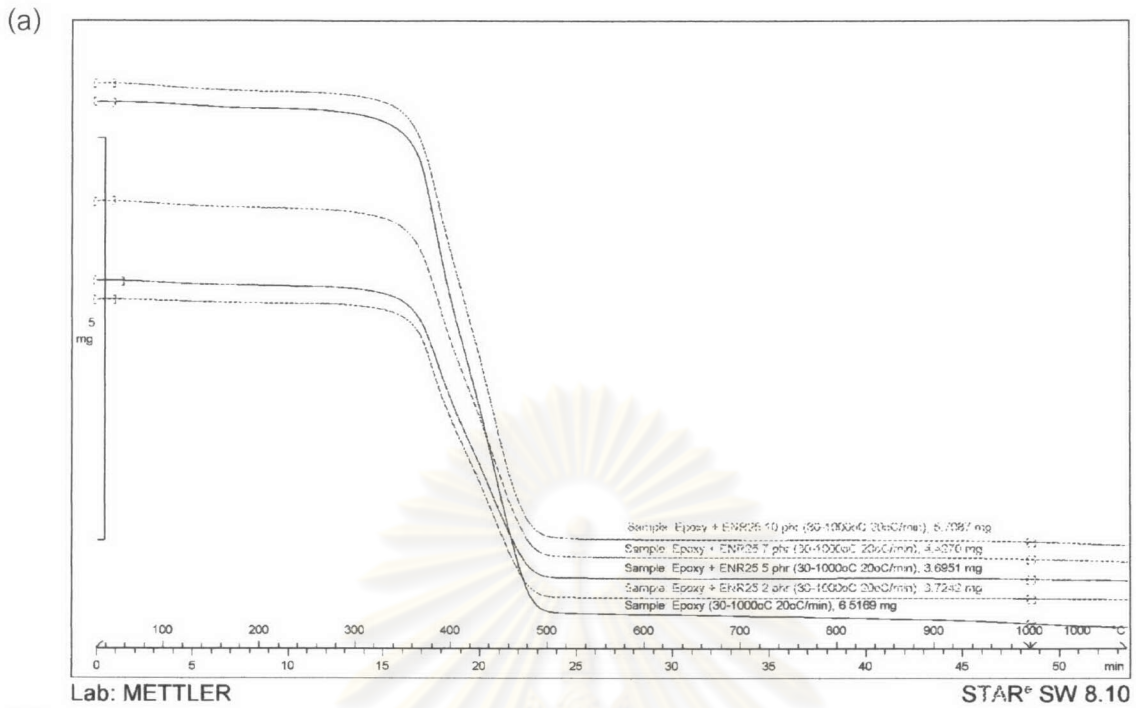


รูปที่ ๖-6 กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซินกับยาง NR

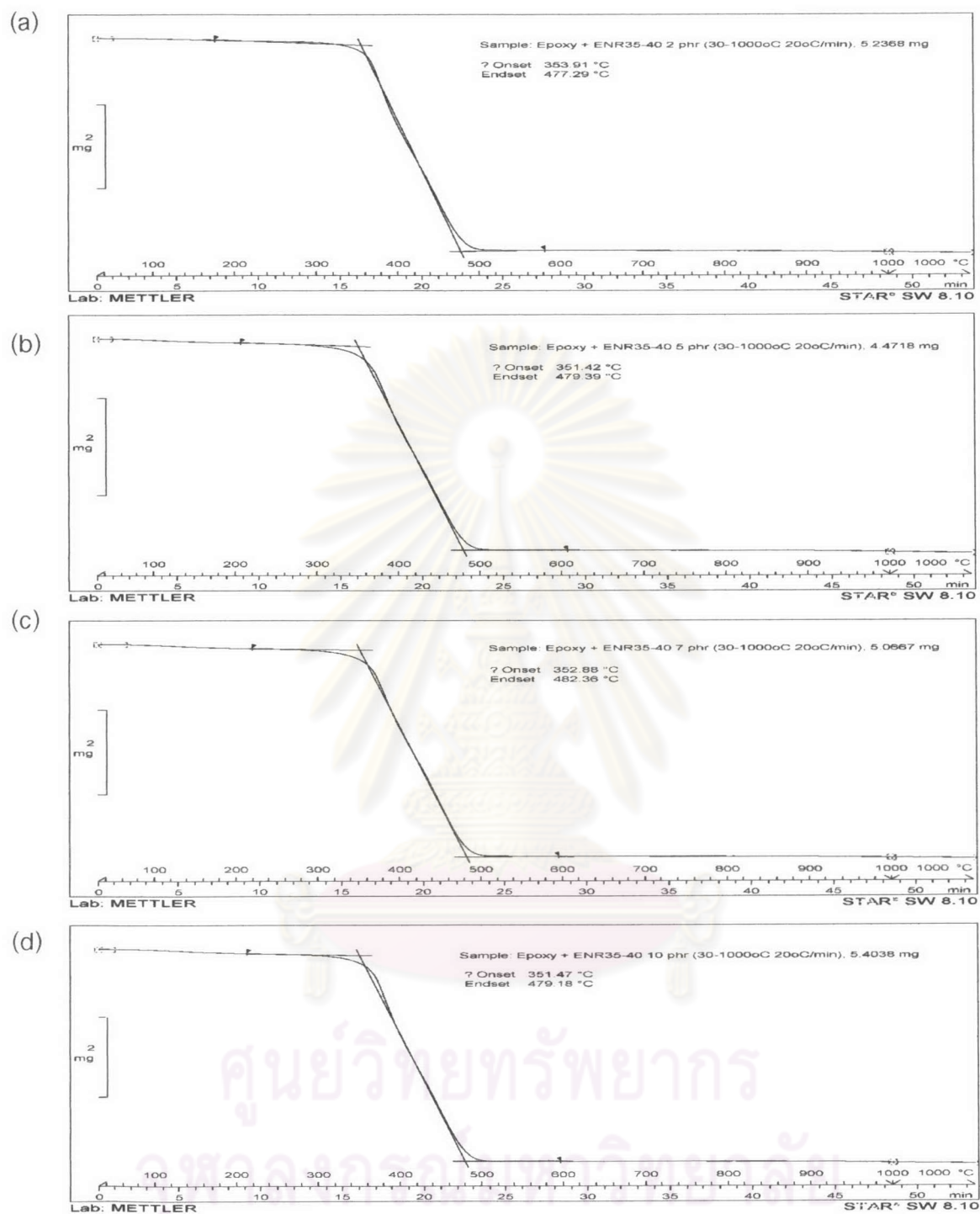
(a) TGA curve (b) DTG curve



รูปที่ จ-7 กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซินกับยาง ENR 25 (a) 2 phr (b) 5 phr (c) 7 phr (d) 10 phr

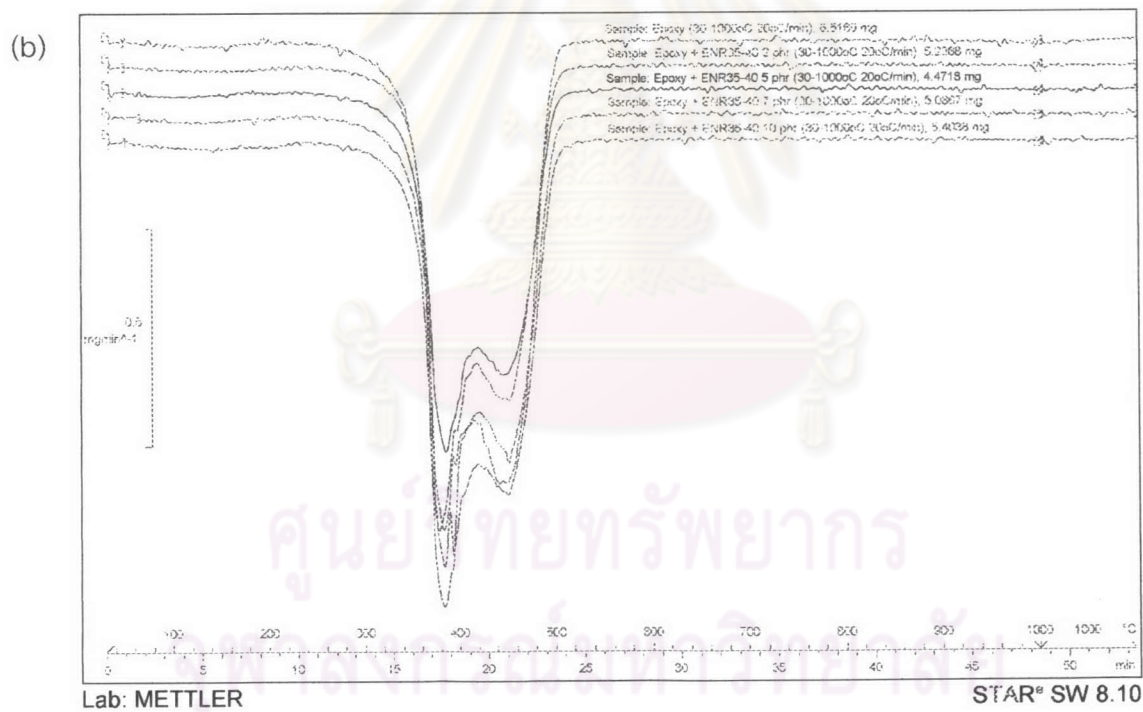
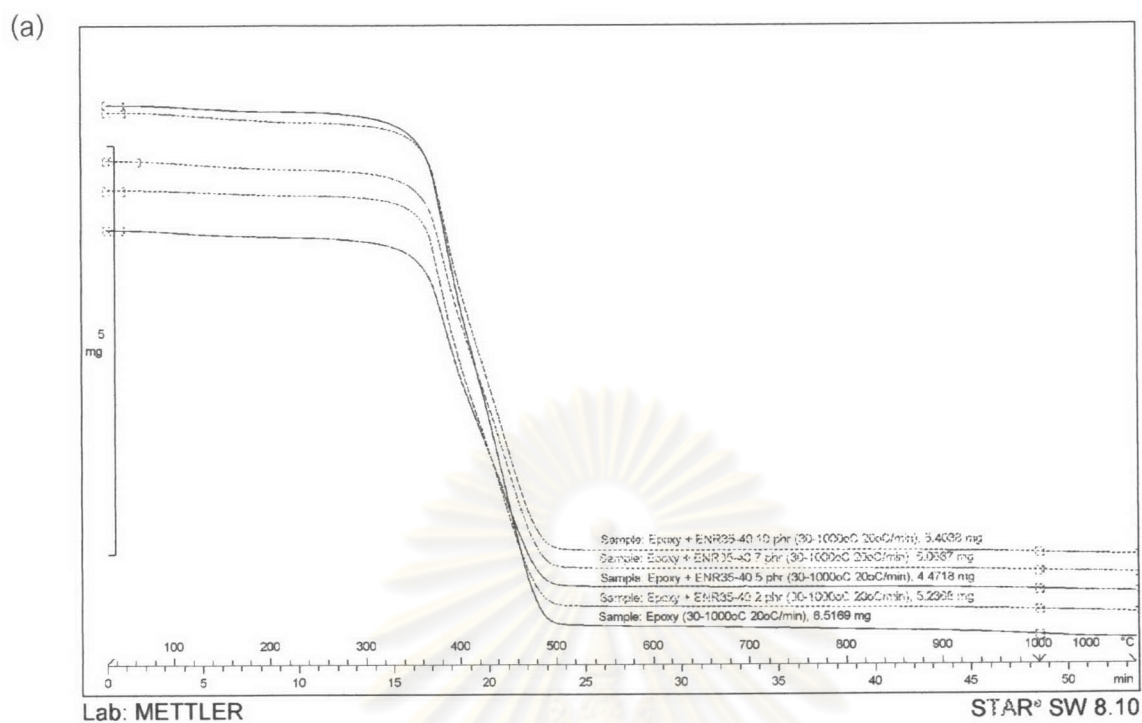


รูปที่ ๘-8 กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
อีพอกซีเรซินกับยาง ENR 25 (a) TGA curve (b) DTG curve

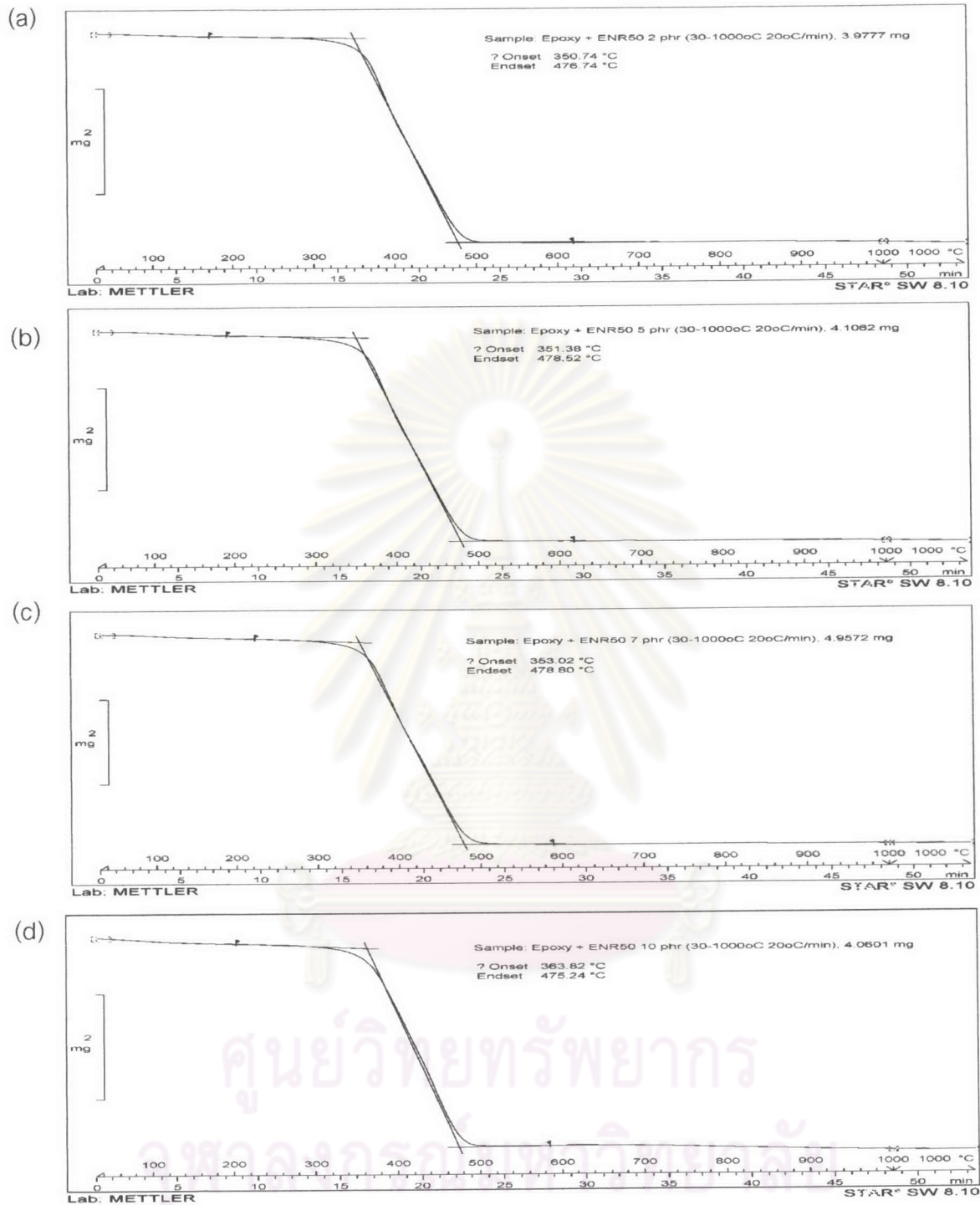


รูปที่ จ-9 กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซินกับ

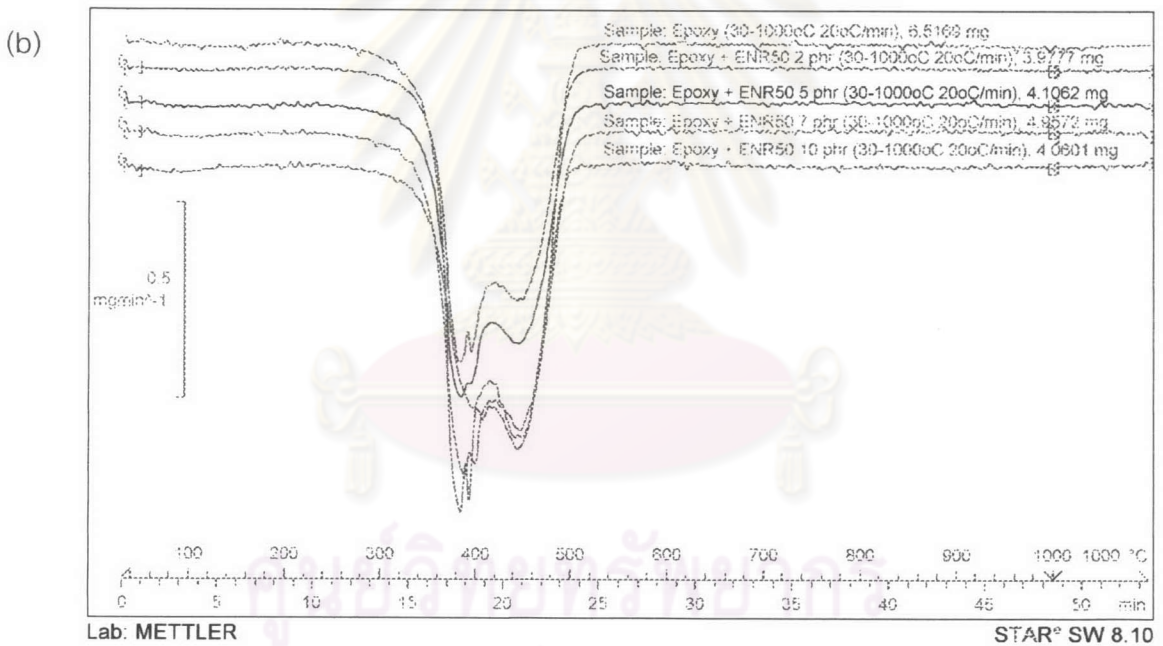
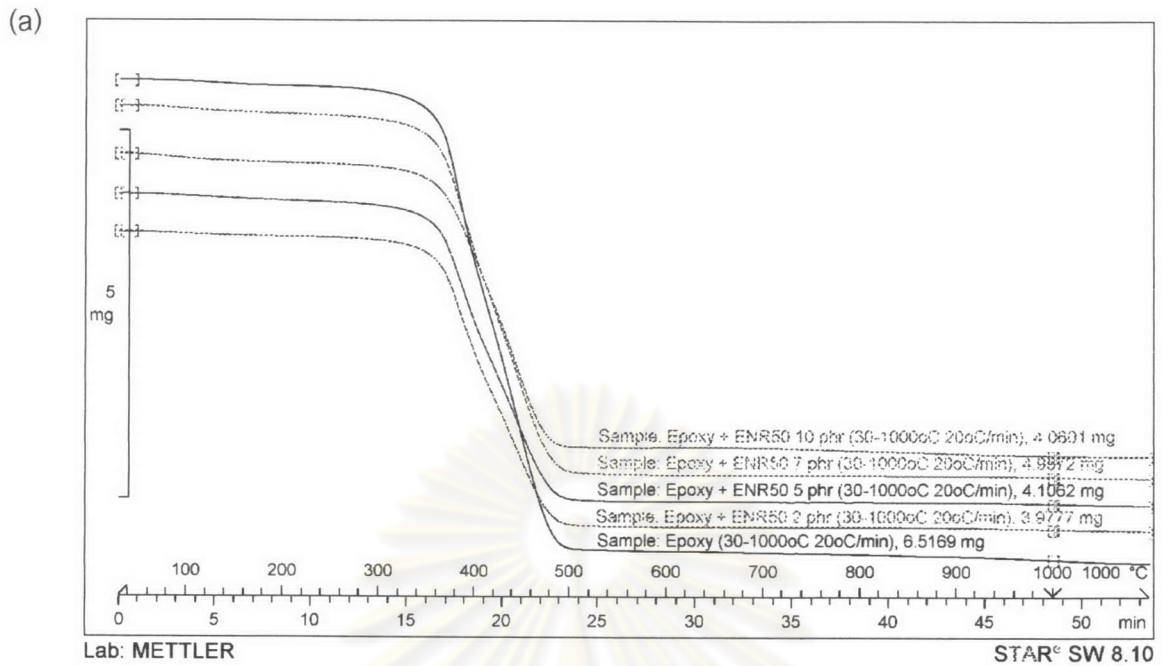
ยาง ENR 40 (a) 2 phr (b) 5 phr (c) 7 phr (d) 10 phr



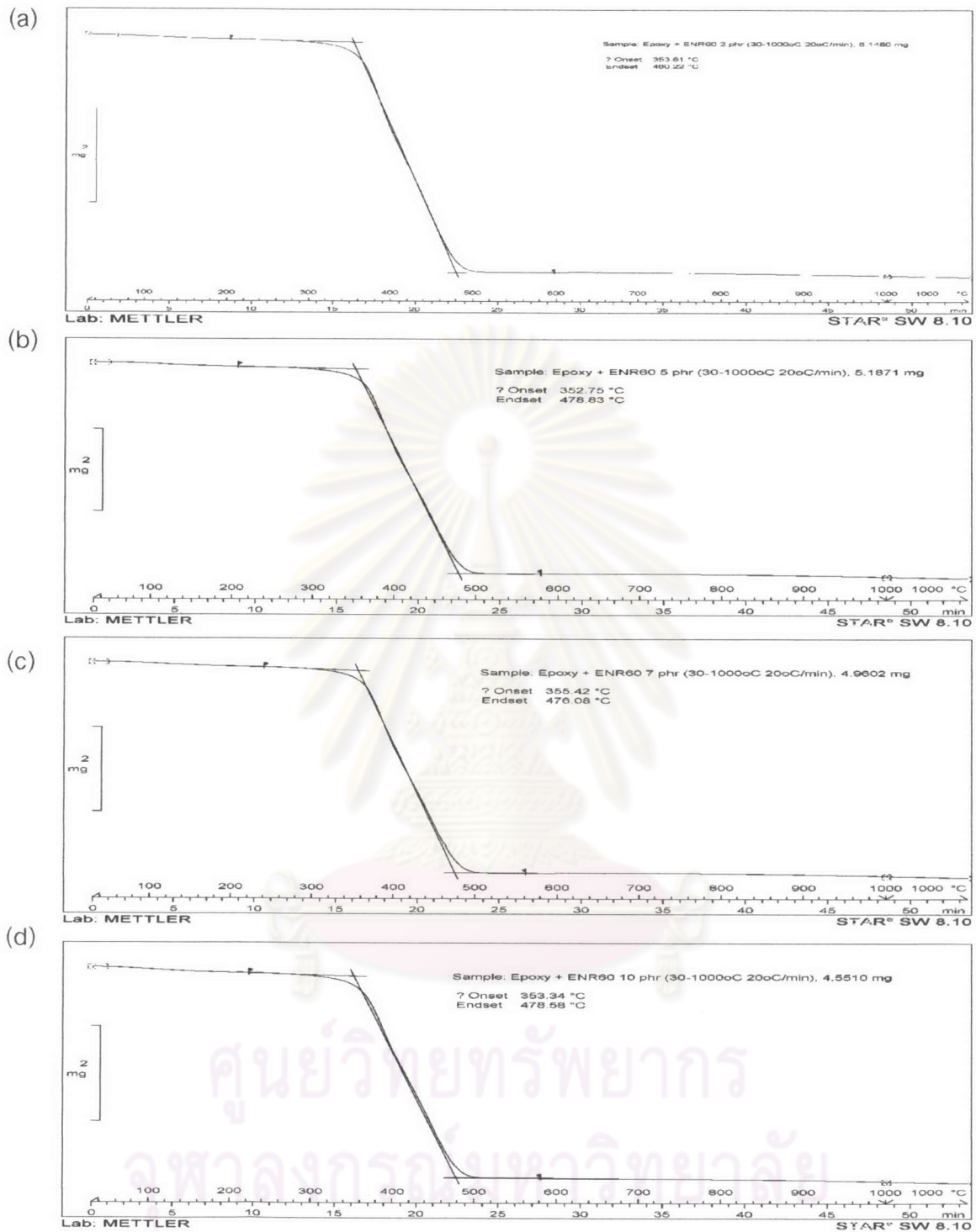
รูปที่ จ-10 กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
 อีพอกซีเรซินกับยาง ENR 40 (a) TGA curve (b) DTG curve



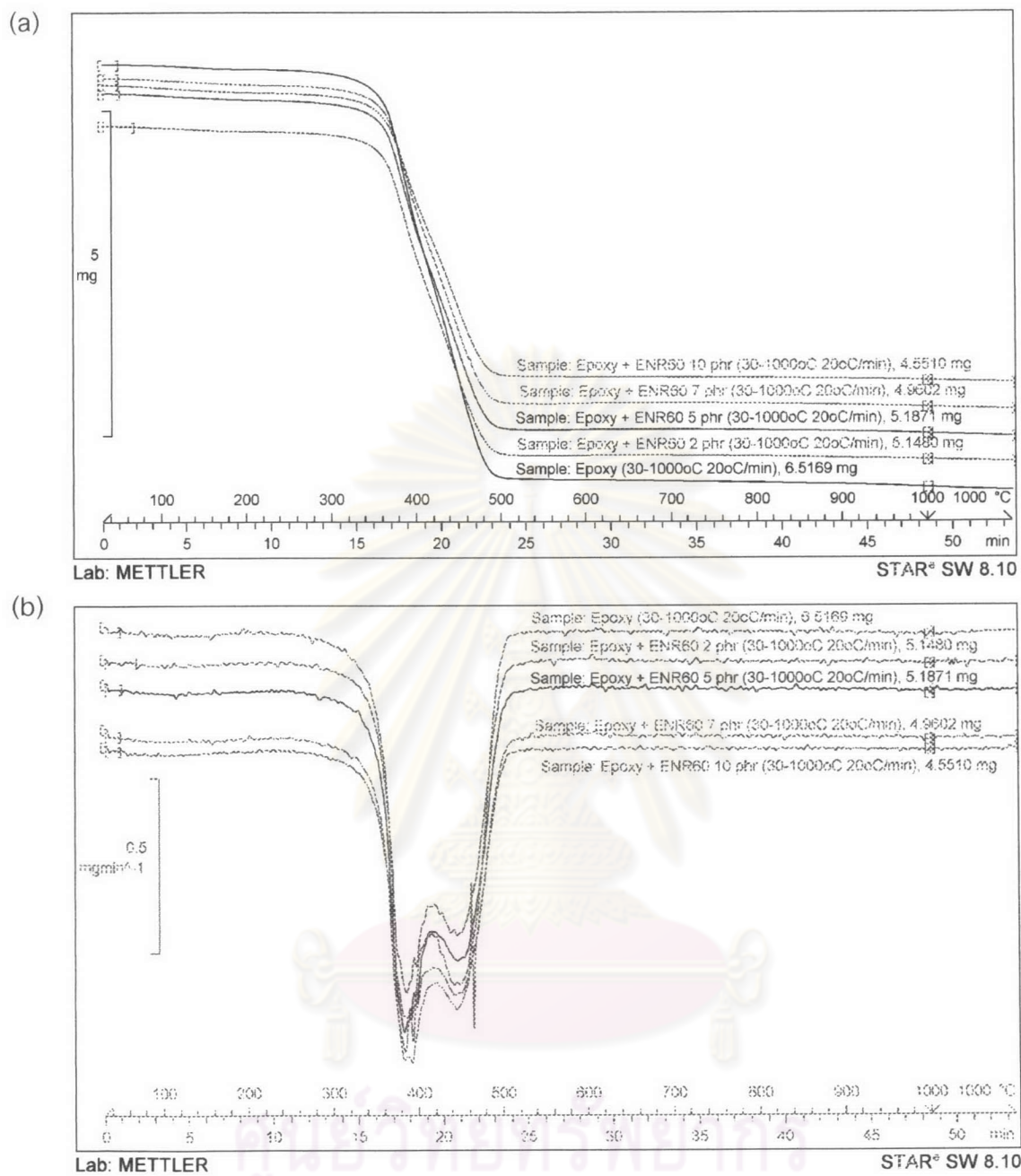
รูปที่ จ-11 กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซินกับยาง ENR 50 (a) 2 phr (b) 5 phr (c) 7 phr (d) 10 phr



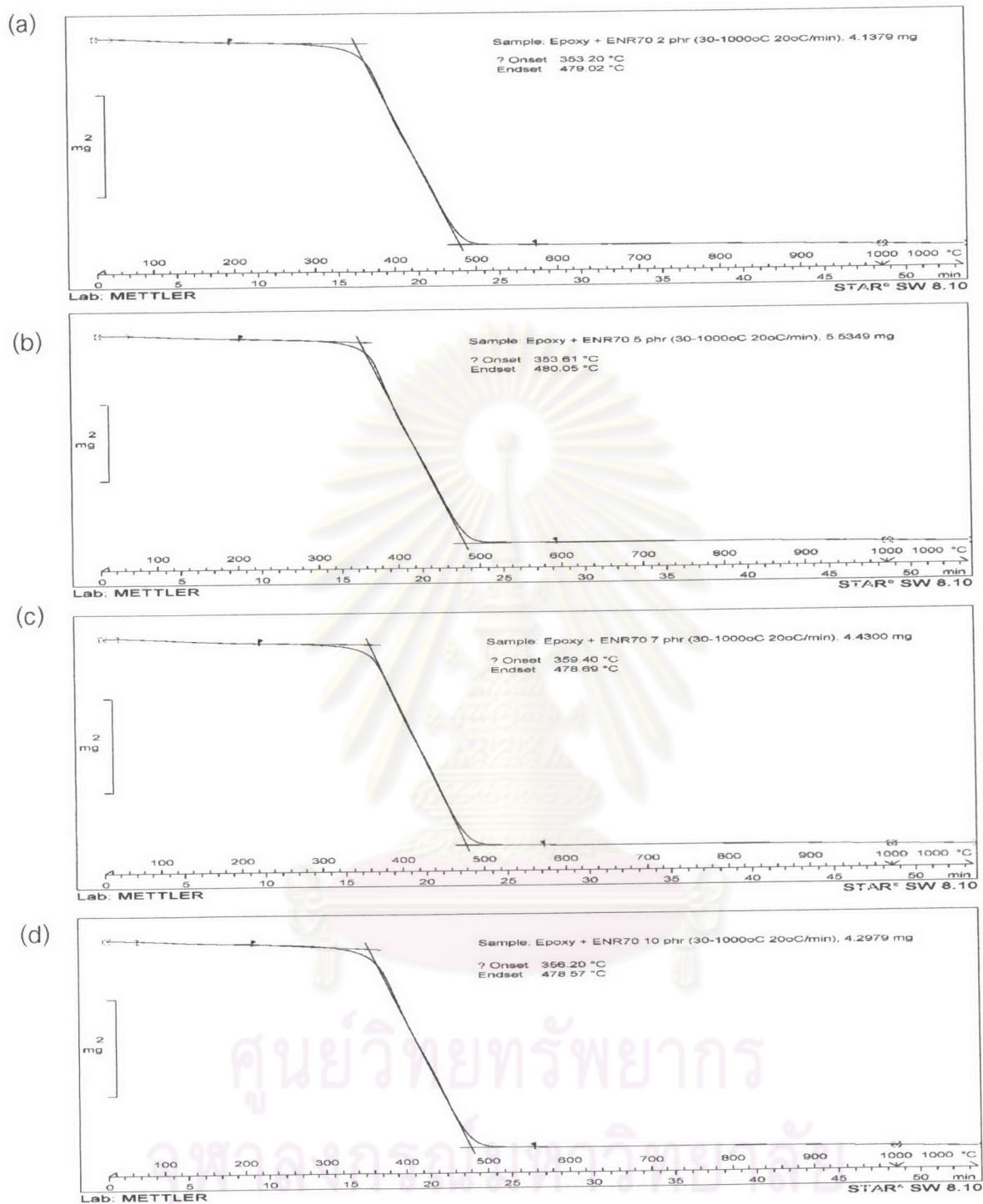
รูปที่ จ-12 กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
 อีพอกซีเรซินกับยาง ENR 50 (a) TGA curve (b) DTG curve



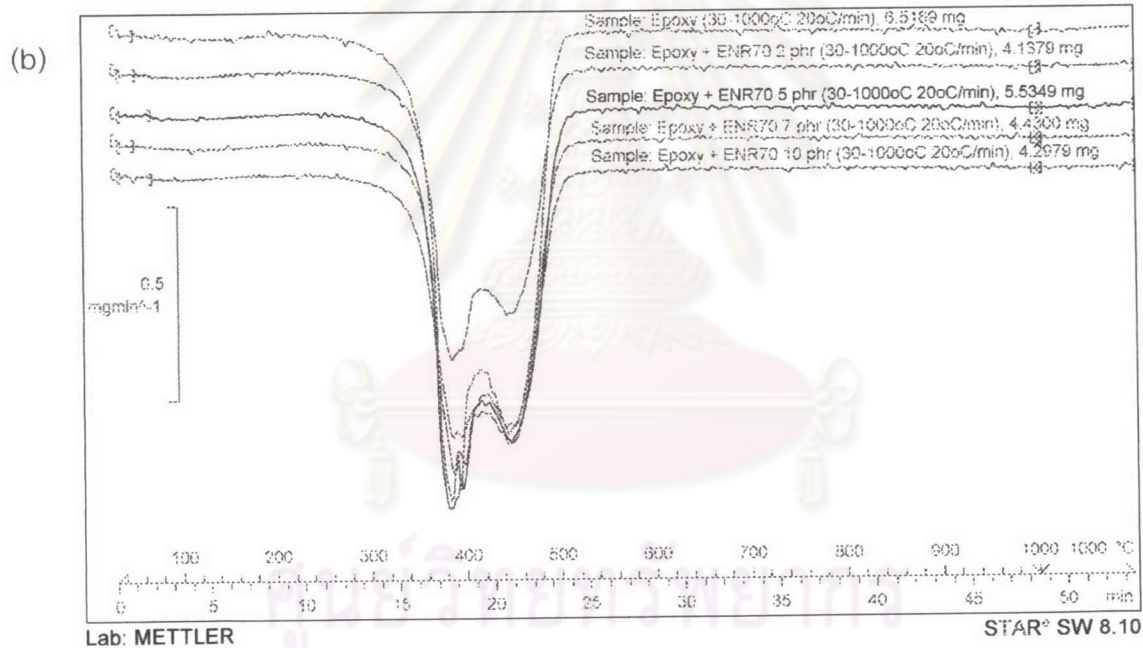
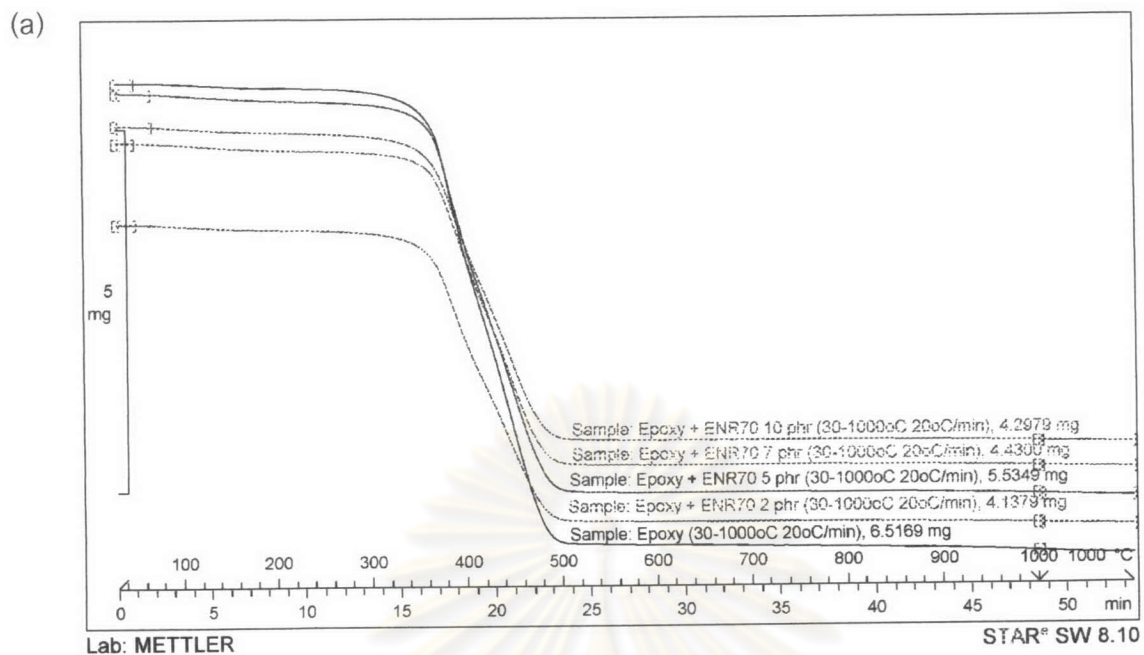
รูปที่ จ-13 กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซินกับ ยาง ENR 60 (a) 2 phr (b) 5 phr (c) 7 phr (d) 10 phr



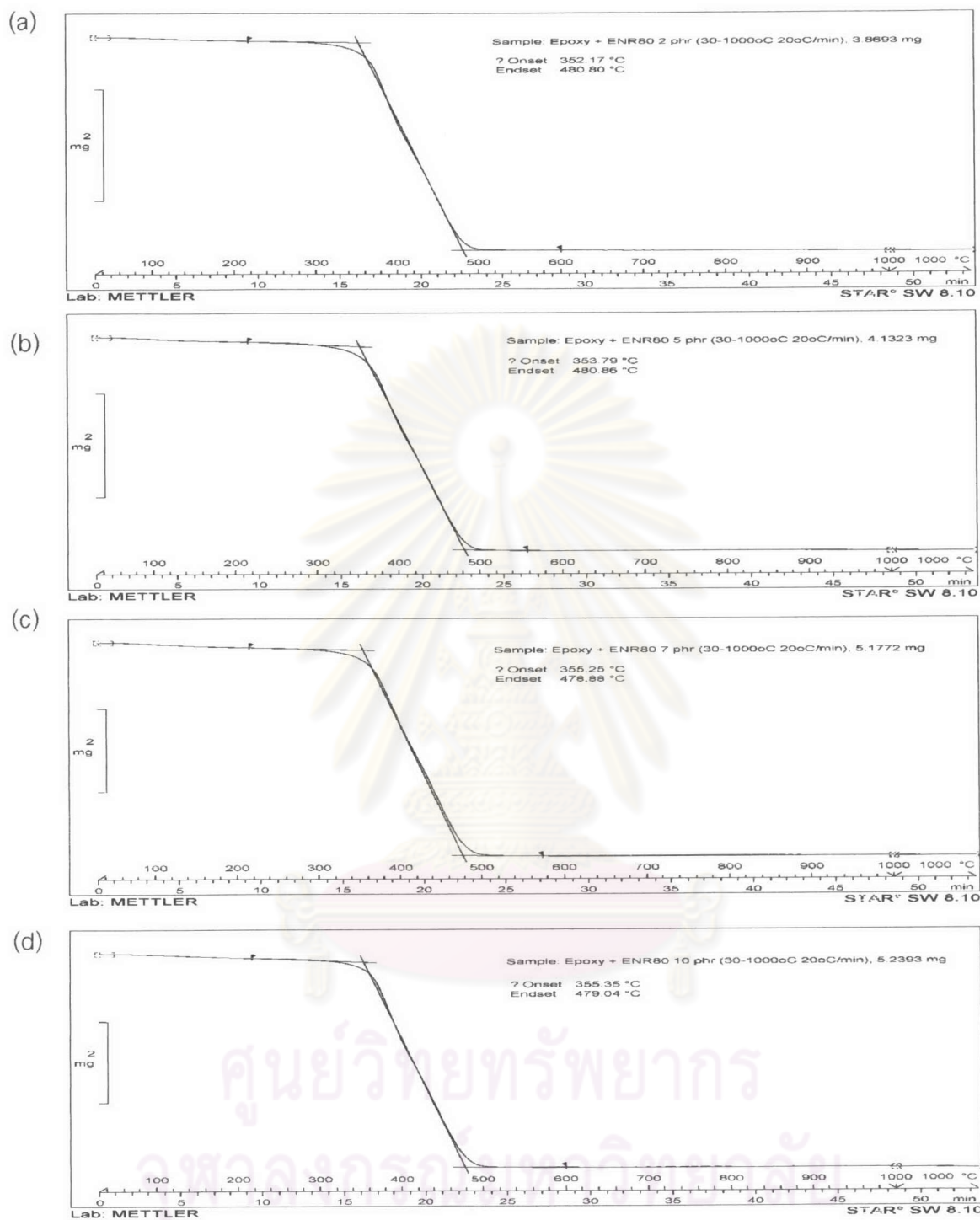
รูปที่ จ-14 กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
 อีพอกซีเรซินกับ ENR 60 (a) TGA curve (b) DTG curve



รูปที่ ๑-15 กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซินกับยาง ENR 70 (a) 2 phr (b) 5 phr (c) 7 phr (d) 10 phr

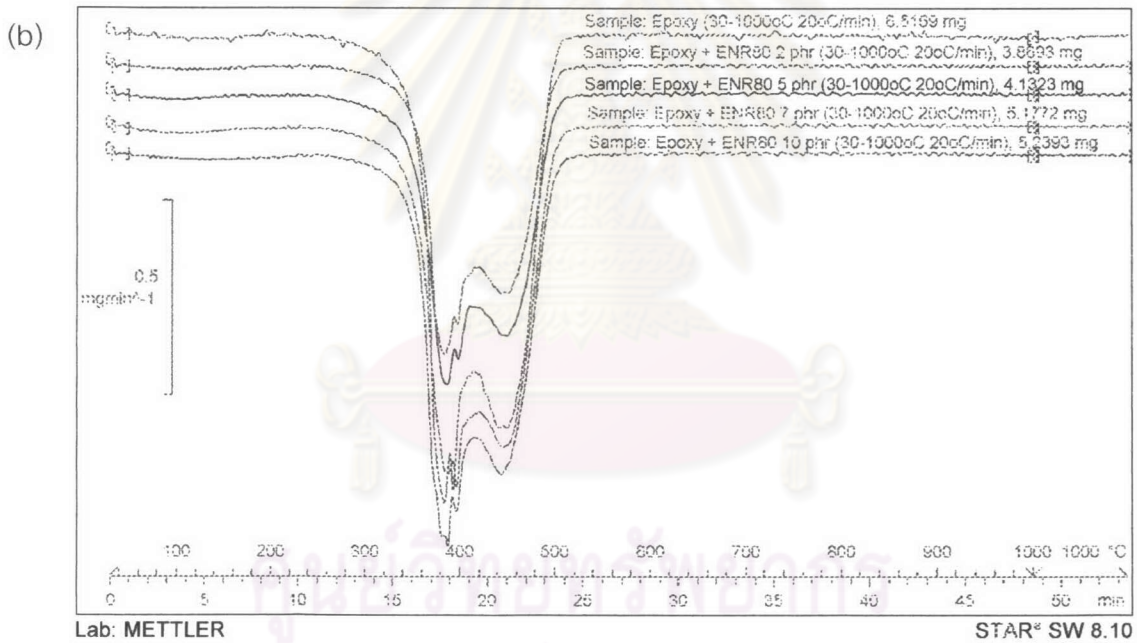
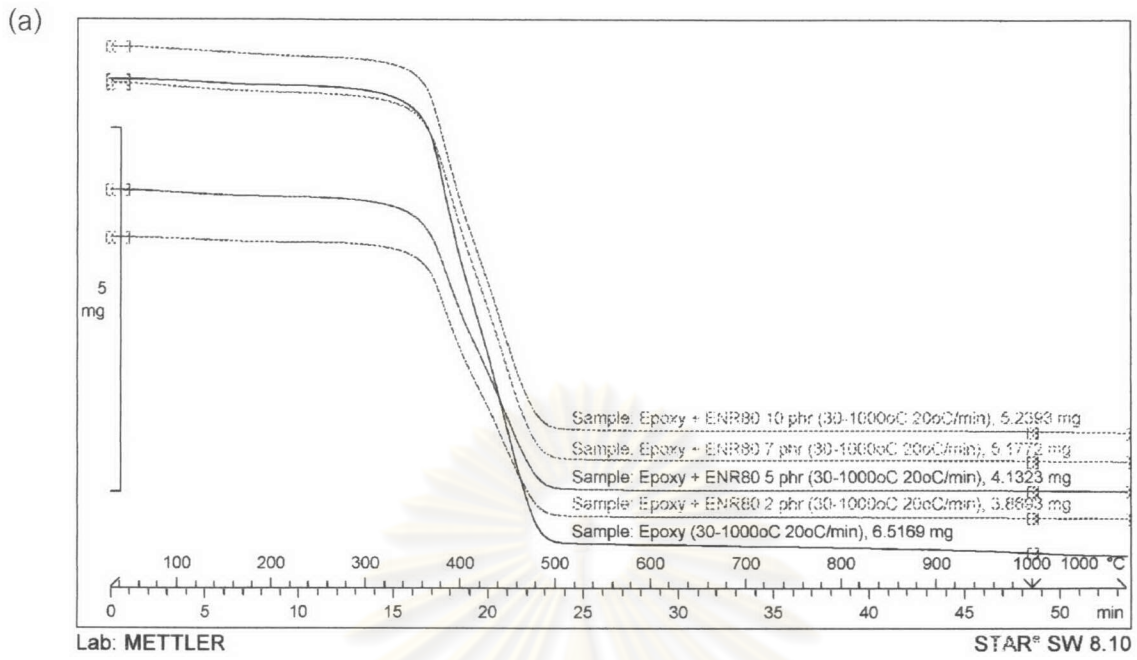


รูปที่ จ-16 กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ของพอลิเมอริผสมระหว่าง
 อีพอกซีเรซินกับ ENR 70 (a) TGA curve (b) DTG curve



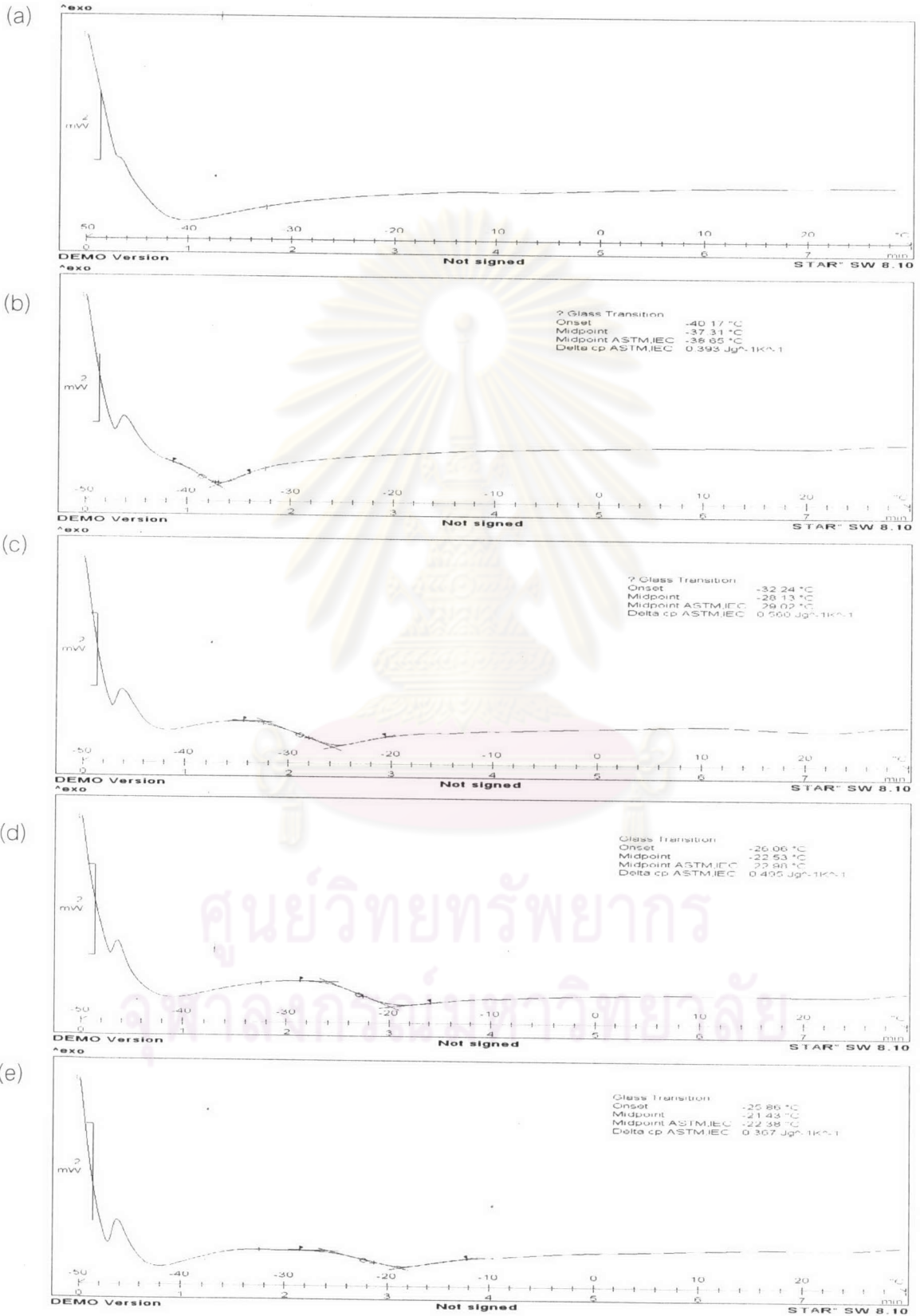
รูปที่ จ-17 กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซินกับ

ยาง ENR 80 (a) 2 phr (b) 5 phr (c) 7 phr (d) 10 phr

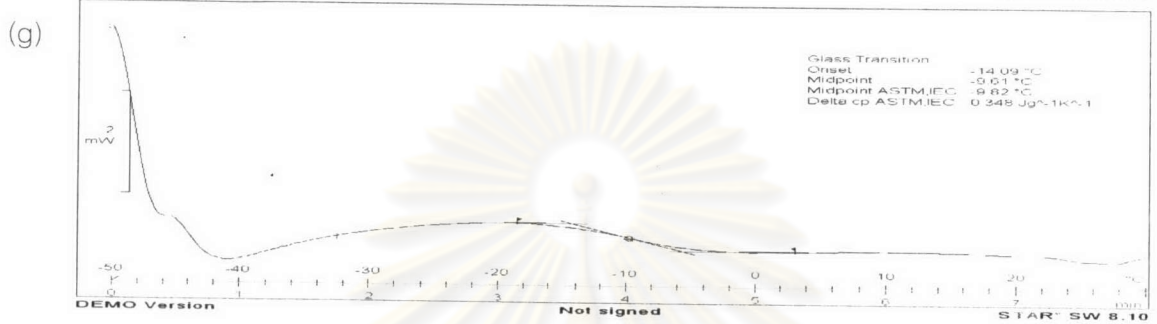
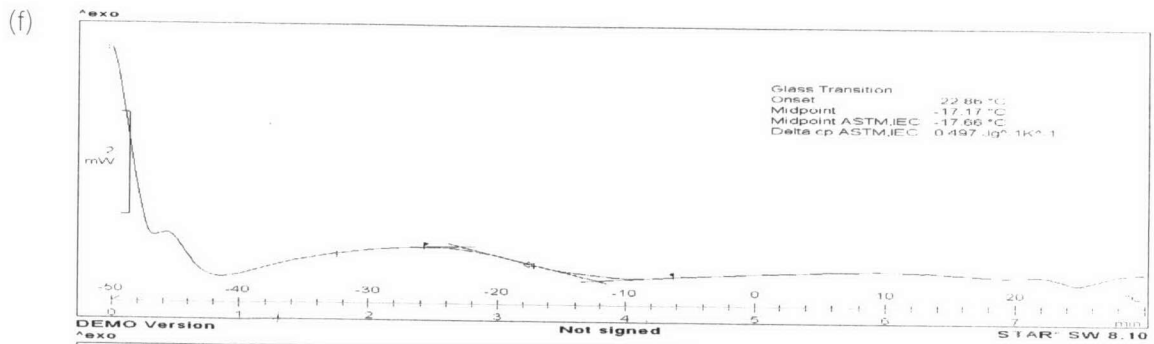


รูปที่ ค-18 กราฟจากการทดสอบด้วยเทคนิค TGA ของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
 อีพอกซีเรซินกับ ENR 80 (a) TGA curve (b) DTG curve

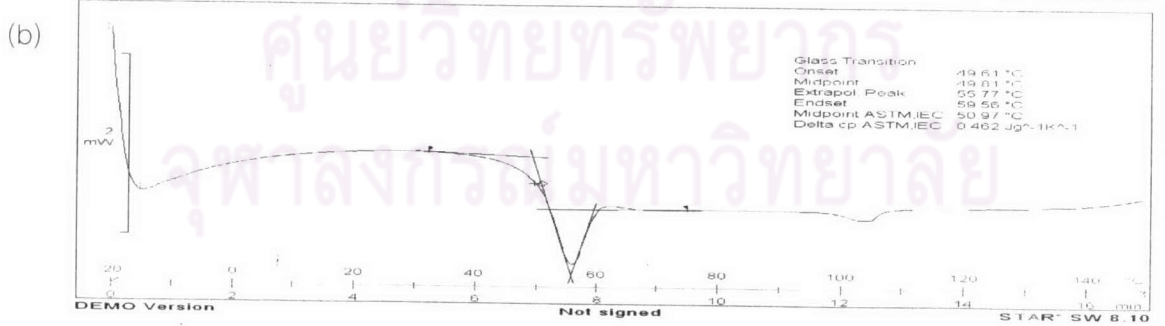
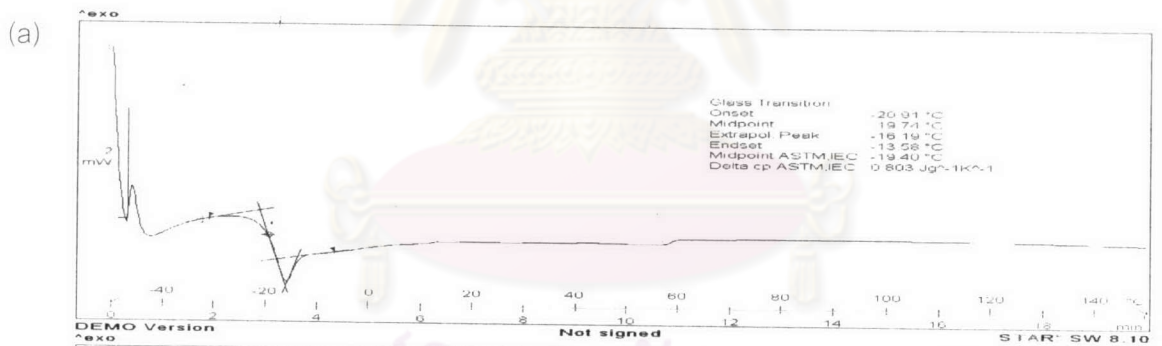
ภาคผนวก ช



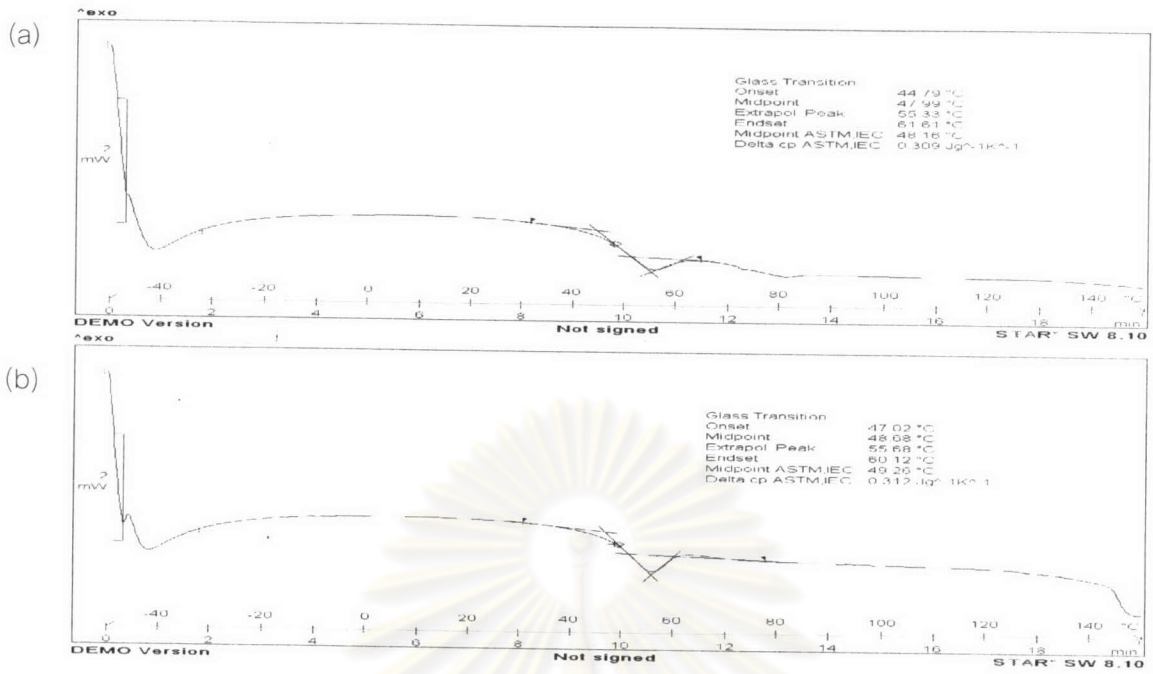
รูปที่ ช-1 DSC thermogram (a) NR (b) ENR 25 (c) ENR 40 (d) ENR 50 (e) ENR 60



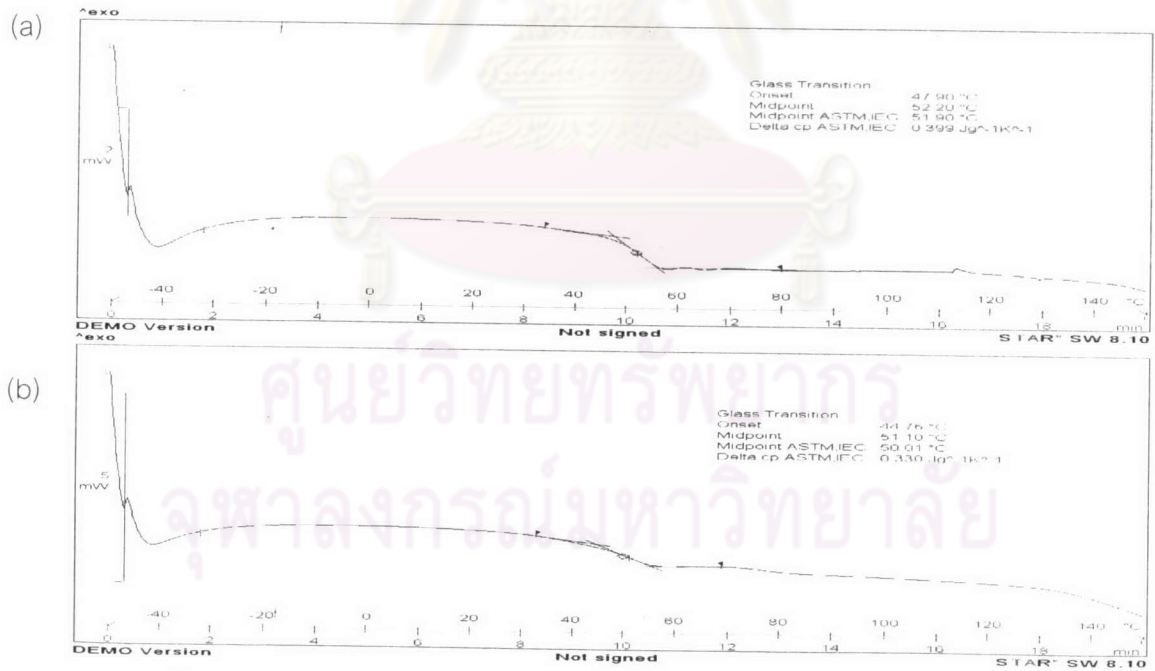
รูปที่ ข-1 (ต่อ) DSC thermogram (f) ENR 70 (g) ENR 80



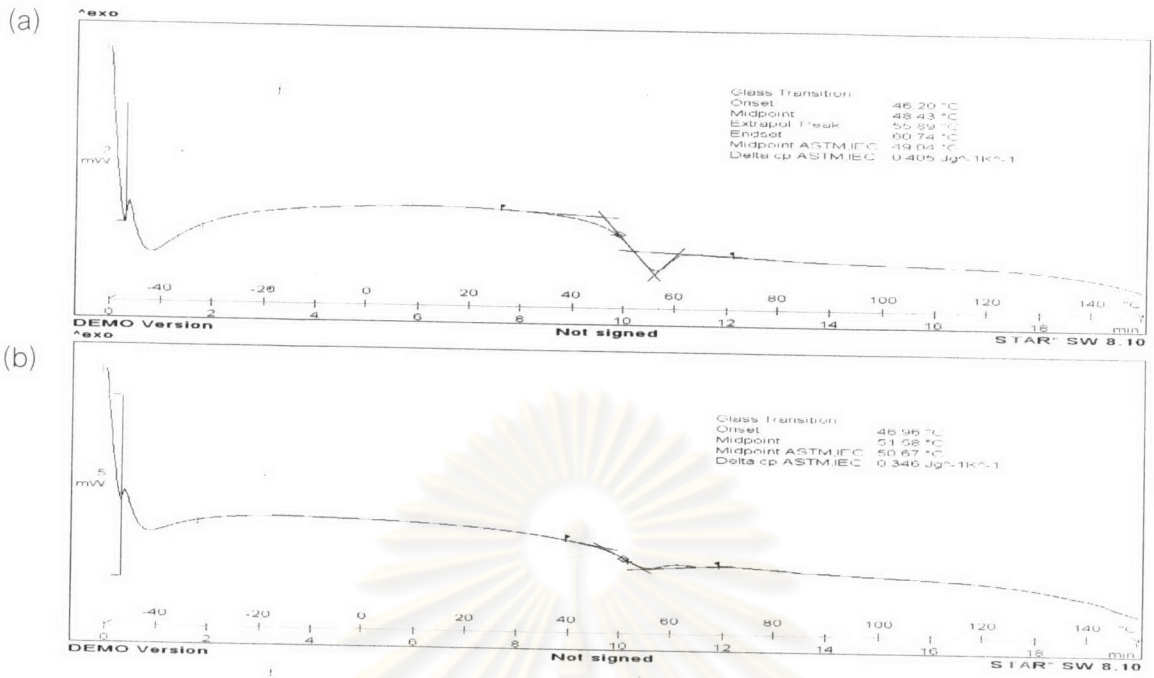
รูปที่ ข-2 DSC thermogram ของอีพอกซีเรซิน (a) ไม่ได้บ่ม (b) ผ่านการบ่ม



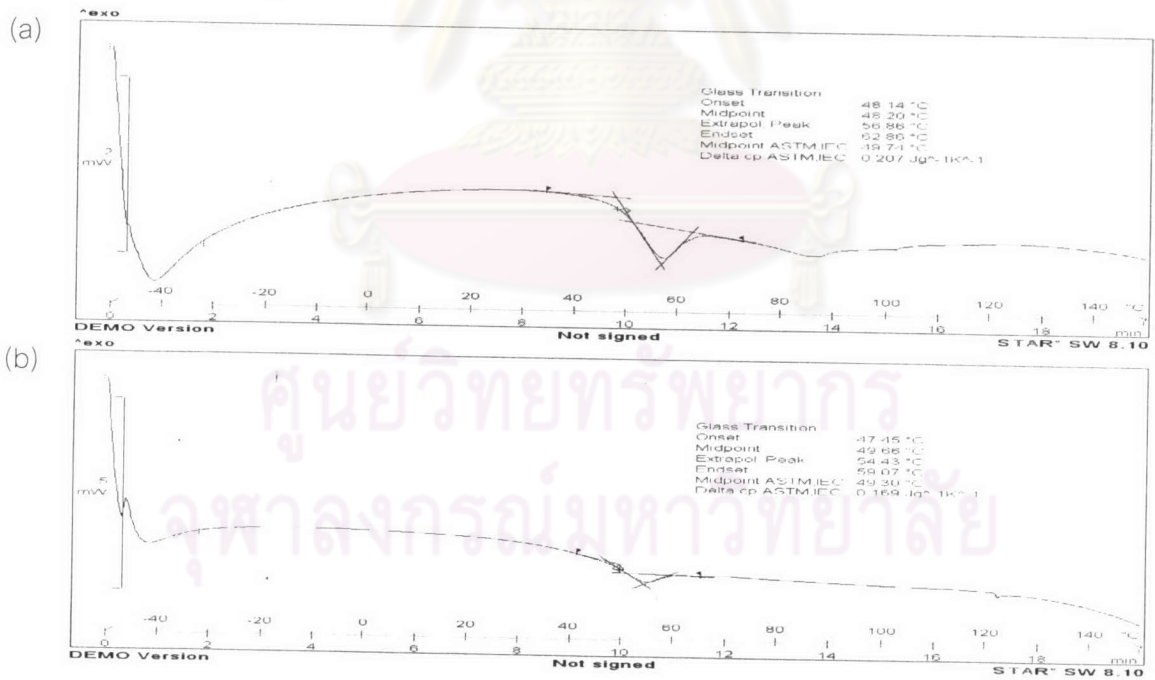
รูปที่ ช-3 DSC thermogram ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซิน/CTBN (a) 5 phr (b) 10 phr



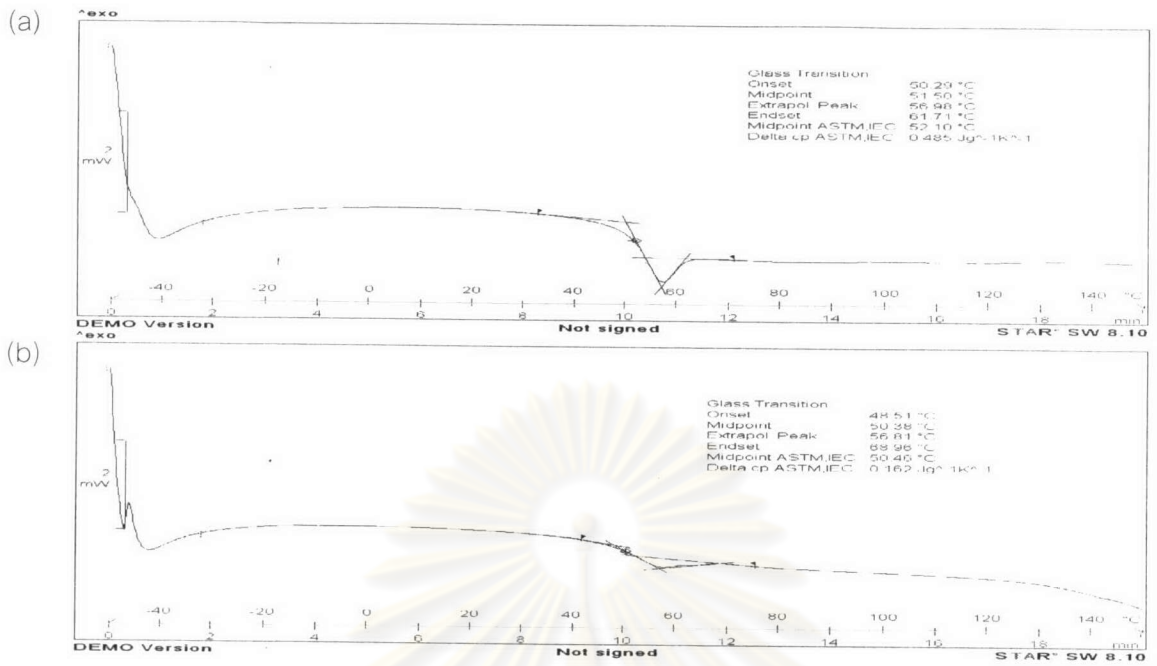
รูปที่ ช-4 DSC thermogram ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซิน/NR (a) 5 phr (b) 10 phr



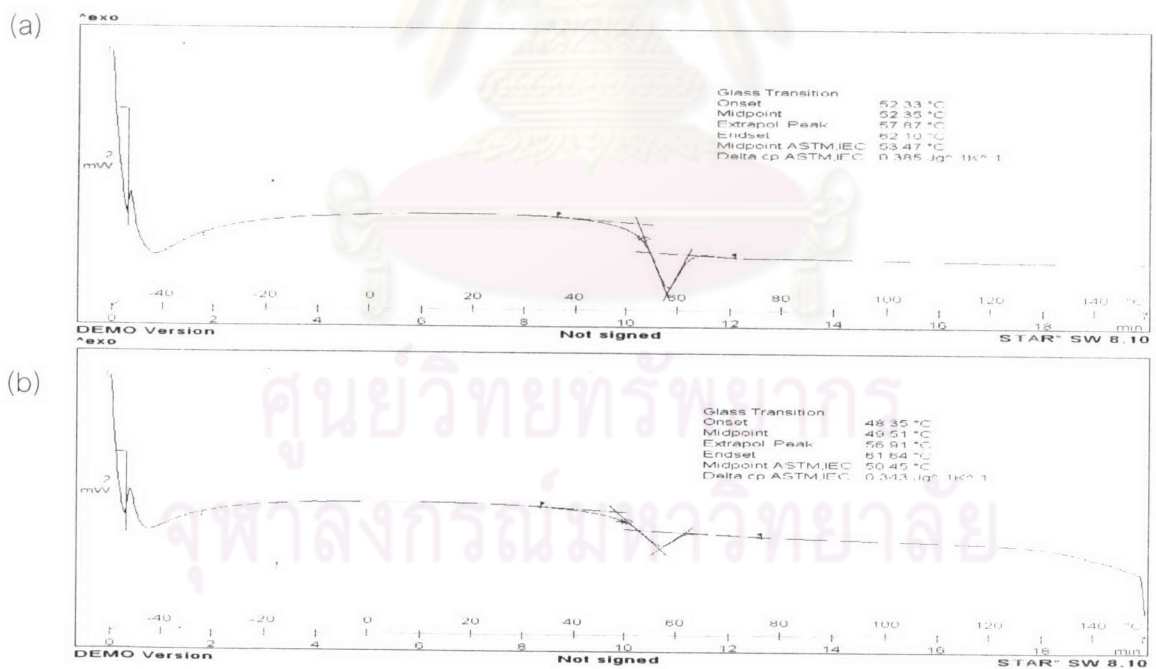
รูปที่ ๕-5 DSC thermogram ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซิน/ENR 25 (a) 5 phr (b) 10 phr



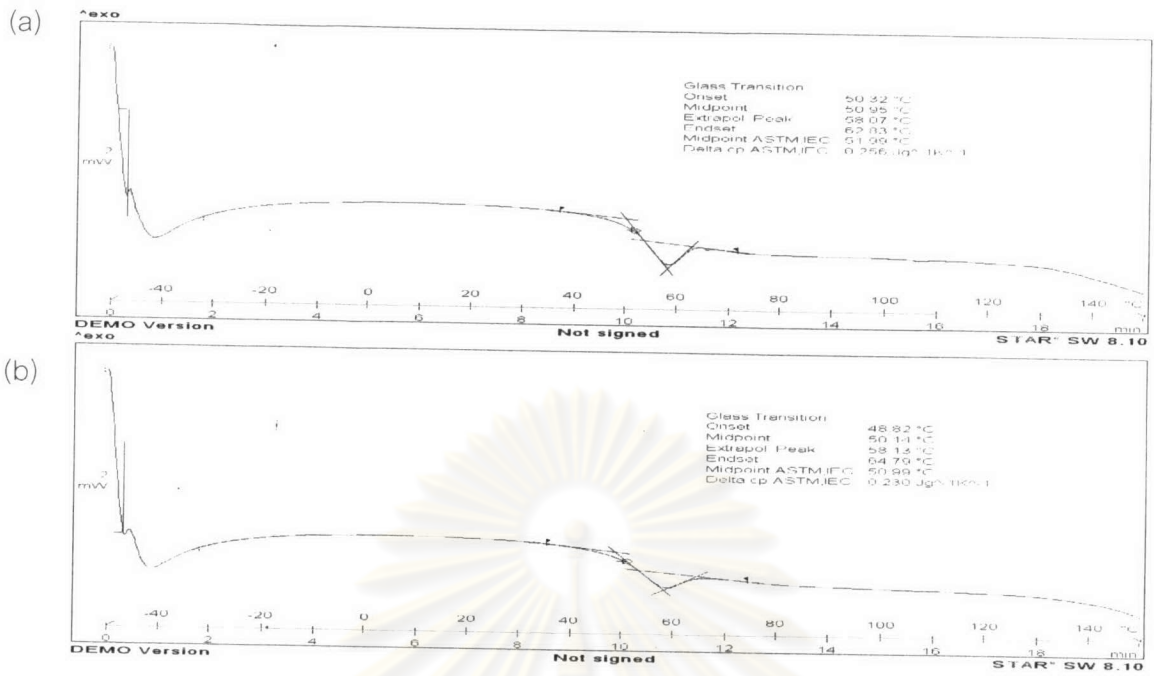
รูปที่ ๕-6 DSC thermogram ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซิน/ENR 40 (a) 5 phr (b) 10 phr



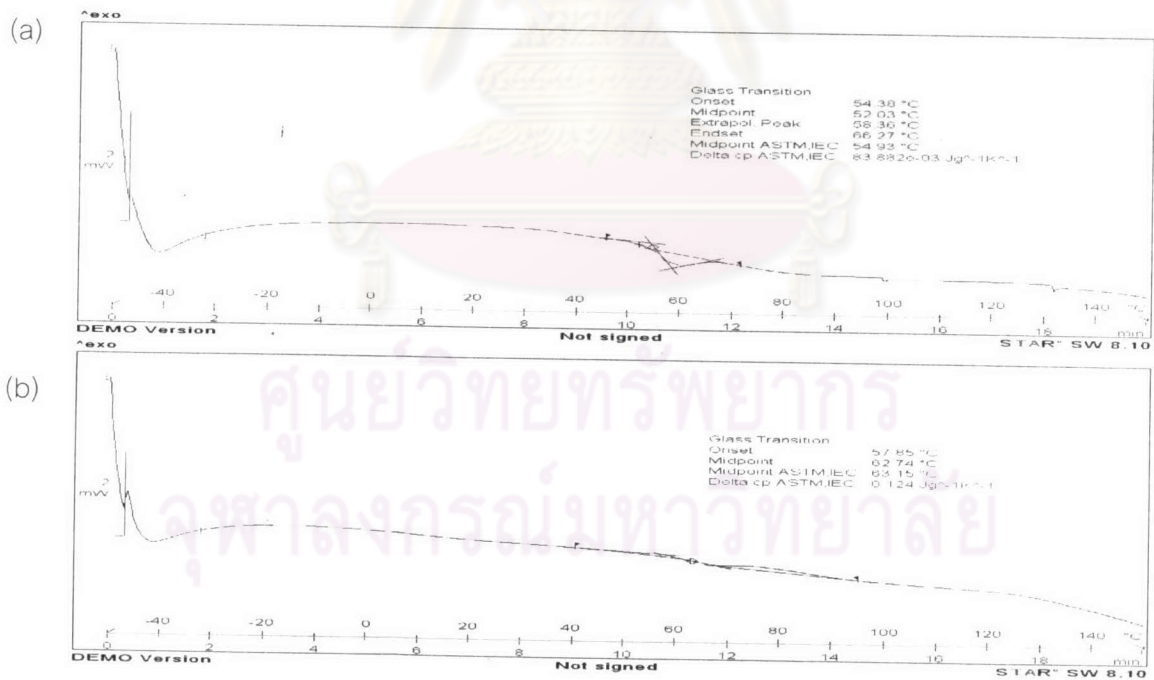
รูปที่ ๗-7 DSC thermogram ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซิน/ENR 50 (a) 5 phr (b) 10 phr



รูปที่ ๗-8 DSC thermogram ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซิน/ENR 60 (a) 5 phr (b) 10 phr



รูปที่ ๙-9 DSC thermogram ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซิน/ENR 70 (a) 5 phr (b) 10 phr



รูปที่ ๙-10 DSC thermogram ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างอีพอกซีเรซิน/ENR 80 (a) 5 phr (b) 10 phr

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวนิภาพรรณ ไสตถิยานนท์ เกิดเมื่อวันที่ 16 มีนาคม พ.ศ. 2525 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2545 หลังจากนั้น จึงเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อภาคต้นของปีการศึกษา 2546 และสำเร็จการศึกษาในภาคปลายปีการศึกษา 2547 รวมระยะเวลาในการศึกษา 2 ปี



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย